

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukční návrh zásobníku pro KLT přepravní bedny
Structural design of magazine for KLT transportation crates

Student:

Bc. Marek Chovanec

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Marek Chovanec**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení
Téma: **Konstrukční návrh zásobníku pro KLT přepravní bedny**
Structural Design of Magazine for KLT Transportation Crates
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhněte konstrukci zásobníku pro plnění a dočasné uložení standardních KLT beden rozměru 600 x 400 x 150 mm a hmotnosti 4 kg. Náplň bedny je maximálně 20 kg. Plná bedna musí být nahrazena prázdnou do čtyř sekund a následně dočasně uložena v zásobníku. Maximální zástavbový prostor zásobníku je 2500 x 800 x 2000 mm (d x š x v). Prostor využijte k umístění veškeré mechaniky zásobníku a zároveň jej využijte k uložení maximálního počtu KLT beden.

Vytvořte koncepční návrhy možných variant řešení. Vyberte nejlepší variantu a proveďte kompletní návrh v 3D modeláři. Navrženou konstrukci doplňte návrhovými a kontrolními výpočty. Zpracujte výkresovou dokumentaci v rozsahu dle dohody s vedoucím práce.

Seznam doporučené odborné literatury:


KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1860-3
DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3
MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočet a konstrukce strojních dílů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1
NĚMČEK, M.: *Řešené příklady ČaMS Spoje*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16. 5. 2018

Chovanec

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3)
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavře licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 16. 5. 2018

Chovanec

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Marek Chovanec

Adresa trvalého pobytu studenta:

Lysůvky, Hraniční 99

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

CHOVANEK, M. *Konstrukční návrh zásobníku pro KLT přepravní bedny: diplomová práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2018, 73 s. Vedoucí práce: Kubín, T.

Diplomová práce se zabývá návrhem zařízení umožňující automatickou přepravu a plnění KLT transportních beden (dále jen KLT) s možností uložení až 7 KLT. V úvodu je čtenář seznámen se zařízeními sloužícími pro práci s KLT a jejich implementaci pro budoucí zařízení. V hlavní části je zkonstruováno zařízení Hermés s optimálním řešením konstrukce jednotlivých dílů. V dalším kroku je vytvořena snímací síť, která umožní automatické odebrání KLT ze zásobníku, její přesun do plnicí polohy a následně do polohy k odebrání včetně uložení zásoby KLT přímo v zařízení. Pro vytvořenou konstrukci je podrobně zpracován 3D model, dílčí výkresová dokumentace a jsou provedeny potřebné výpočty. Dosažené výsledky jsou shrnuty v závěru.

ANOTATION OF DIPLOMA THESIS

CHOVANEK, M. *Structural design of magazine for KLT transportation crates: Master Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2018, 73 p. Thesis head: Kubín, T.

The diploma thesis deals with the design of a device allowing automatic transport and filling of KLT transport boxes (next time only KLT) with the possibility of storing up to 7 KLT. In the introduction, the reader is familiar with the devices, which are used to work with KLT and their implementation for future devices. In the main part, the Hermés device is designed with an optimal design of individual parts. In the next step, a scanning net is created to allow the automatic removal of the KLT from the magazine, its transfer to the filling position and subsequently to the removal position including the storage of the KLT stock directly in the device. The 3D model of designed construction and partial drawing documentation are elaborated, also the necessary calculations are made. The results obtained are summarized at the conclusion.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	7
ÚVOD.....	9
1. Rozdělení zařízení pro práci s KLT přepravními bednami.	10
1.1. Stroje pro KLT s vodorovným přesunem.....	10
1.2. Stroje pro KLT s kombinovaným přesunem.	12
1.3. Stroje pro KLT s možností uskladnění	13
2. Rozbor zadání.....	14
2.1. Současný stav práce s KLT přepravní bednou	14
2.2. Parametry určující provoz	14
2.3. Charakteristika pracovního prostředí.	15
2.4. Parametry stanovené KLT přepravní bedny.....	15
3. Variantní řešení pro stanovené parametry zařízení.	17
4. Konstrukční návrh.	20
4.1. Pracovní část.	22
4.2. Plnicí část.....	25
4.3. Odběrná část	30
4.4. Bezpečnostní klec.	34
4.5. Senzorová snímací síť.....	35
4.6. Pracovní cyklus zařízení	46
4.7. Proces míjení zdvižných mechanismu při předání KLT.	51
5. Návrhové a kontrolní výpočty.	52
5.1. Návrh zdvižné převodovky	52
5.2. Návrh elektromotoru pro zdvižnou převodovku a stanovení rychlostí pohybu.	53
5.3. Návrh řemenového dopravníku.	55
5.4. Návrh pneumatického pohonu klopného mechanismu.	56
5.5. Kontrolní výpočet času nutného pro výměnu KLT.....	56
5.6. Kontrola čepu klopného mechanismu.	58
5.7. Kontrola vzepření dolních palců	60
5.8. Výpočet frekvence rámu.	62
6. Závěr	67
7. Seznam použité literatury.....	69
8. Seznam příloh.....	72
Poděkování	73

Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Název	Jednotka
F	zatěžující síla v ose šroubu	[N]
$F_{\check{c}}$	zvýšená síla působící na čep	[N]
HKS	hliníkový konstrukční systém	[-]
KLT	přepravní bedna (nosič malých nákladu)	[-]
L	délka čepu	[mm]
M_k	vstupní krouticí moment	[N·m]
$M_{o_{max}}$	maximální ohybový moment	[N·m]
M_x	ohybové napětí v ose x	[MPa]
M_y	ohybové napětí v ose y	[MPa]
OC	odběrná část	[-]
P	výkon	[kW]
PC	primární část	[-]
PZM	primární zdvižný mechanismus	[-]
Re	mez kluzu	[MPa]
$S_{\check{c}}$	střižná plocha čepu	[mm ²]
SPC	střední pracovní část	[-]
SZM	sekundární zdvižný mechanismus	[-]
W_o	modul průřezu v ohybu	[mm ³]
$d_{\check{c}}$	průměr čepu	[mm]
a	zatížená délka čepu a	[mm]
b	zatížená délka čepu b	[mm]
g	tíhové zrychlení	[m/s ⁻²]
i	požadovaný počet kusu v KLT	[-]
j	počet KLT	[-]
k	součinitel bezpečnosti	[-]
m	hmotnost plné bedny	[kg]
n	vstupní otáčky	[s ⁻¹]
p_1	tlak na čep v délce a	[MPa]
p_2	tlak na čep v délce b	[MPa]
p_d	dovolené otláčení	[MPa]
s	zdvih na otáčku hnací hřídele	[m]

s_r	dráha přesunu KLT do plnicí pozice	[m]
s_s	dráha spouštění KLT z plnicí pozice	[m]
t_1	čas spouštění KLT z plnicí pozice	[s]
t_2	čas přesunu KLT do plnicí pozice	[s]
t_3	čas uzavření klopného mechanismu	[s]
v_r	rychlost řemenového dopravníku	[m/s]
v_s	rychlost spouštění/zvedání	[m/s]
σ_d	dovolené napětí	[MPa]
σ_{do}	dovolené napětí materiálu v ohybu	[MPa]
σ_{max}	maximální normálové napětí	[MPa]
σ_o	napětí materiálu v ohybu	[MPa]
τ_{ds}	dovolené smykové napětí	[MPa]
τ_s	smykové napětí materiálu	[MPa]

ÚVOD

Už od mala jsem byl vedený k technice a celé mé mladí doprovázely různé stroje a zařízení. Zatímco jiní se učili hrát fotbal, já se učil, jak soustružit, brousit či opravovat zemědělské a jiné stroje. Postupem času jsem se začal zajímat i o to, jak vlastně tyto stroje fungují, co je pohání a co jim dává „život“. Tak přišel čas, kdy jsem začal tyto stroje rozebírat a znovu sestavovat.

Můj zájem o stroje mě vedl ke studiu na střední průmyslové škole a pak následně i na Vysoké škole Báňské. Zde už bylo jasné, že nezůstanu pouze u rozebírání a sestavování strojů, ale budu se podílet také na jejich konstruování. Na katedře výrobních strojů a konstruování se má vašeň dále prohlubovala. Dal jsem si tedy za cíl zkonstruovat zařízení, na které bych mohl být hrdý. Začal jsem tedy hledat možnost, jak takovýto stroj vytvořit.

Prvním pokusem bylo zařízení pro plnění velkoobjemových palet, u něhož jsem se zaměřil na jednoduchost, spolehlivost a funkčnost celého zařízení, čehož jsem také s hrdostí dosáhl. Konstrukce tohoto zařízení mi rozšířila znalosti v oblasti zařízení pro přesun, skladování a další prací s transportními bednami. Přesto, že jsem byl s prvním zařízením spokojen, hledal jsem možnost, kde uplatnit své nově nabyté znalosti a souběžně využít i možnost vytvořit svou diplomovou práci. Díky tomu jsem přišel do kontaktu s firmou *Alváris*, která se zabývala konstruováním a výrobou jednoúčelových strojů. Už po pár konzultacích jsem věděl, že chci svou diplomovou práci psát právě zde.

Dostal jsem totiž nabídku, abych zpracoval zařízení s možnou reálnou aplikací. Dohodli jsme se proto, že zkonstruuji stroj schopný odebírat a přepravovat KLT přepravní bedny v automatickém chodu a souběžně zde bude možnost uskladnění KLT přepravních beden v samotném zařízení. Díky mé předchozí zkušenosti se zařízením pro plnění velkoobjemových palet byla tato nová nabídka od firmy *Alváris* přesně to, co jsem hledal.

Ihned jsem si začal představovat možná řešení, až jsem nakonec vytvořil zařízení, o kterém pojednává tato diplomová práce. Jeho hlavním účelem je přeprava KLT a souběžně nahrazení stávající technologie, a tím zefektivnění výroby. Nenapadá mě proto příhodnější název nežli „*Hermés*“ (posel bohů a bůh obchodu).

Práce vytvářena pod záštitou firmy *Alváris* s možností reálného využití mi ukázala, že každé jednoúčelové zařízení ať už je sebe unikátnější v sobě vždy nese otisk zkušeností a zvyklosti člověka, který jej vytváří.

1. Rozdělení zařízení pro práci s KLT přepravními bednami

V případě zařízení pracujících s KLT (Obr. 6) existuje velké množství jednoúčelových zařízení umožňujících řadu operací. Ať už jde čistě o samotnou přepravu či uskladnění, tak i pro vyklápění, vymývání a plnění. Tyto stroje využívají takřka veškeré pohony od pneumatických přes hydraulické tak i elektrické. Velice často bývají opatřeny dopravníky a dalšími mechanizmy umožňující přesun. Primárním účelem těchto zařízení však zůstává spolehlivá přeprava KLT. Modernější stroje již nevyžadují téměř žádnou obsluhu. V případě starších strojů se jedná o obsluhu jednou či více osobami.

Rozdělení podle přesunu KLT:

- *S vodorovným přesunem*
- *S kombinovaným přesunem*
- *S možností uskladnění*

1.1. Stroje pro KLT s vodorovným přesunem

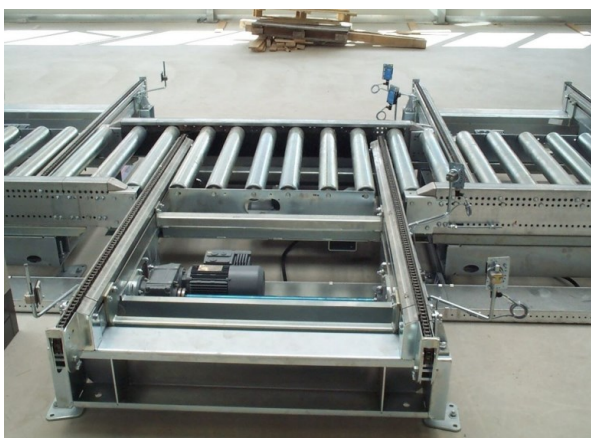
Ve většině případů se jedná o dopravníky skládající se z rámu, pohonné jednotky a elementu pro umožnění transportu – jde například o válečky, rolny či řemenové pásy. Pohyb KLT v zařízení je zajištěn, buďto pohonnou jednotkou, kdy se přenáší moment motoru přes vhodnou převodovku až k transportnímu elementu nebo gravitačně, kdy se využívá vlastní hmotnost KLT a vhodný náklon, aby byl zajištěn tento pohyb. Primárním účelem těchto zařízení bývá transport KLT na předem určená místa. Pohyb může být spojen například s plněním KLT či jejich vyprazdňováním.

Rozdělení:

- *S transportním elementem: válečky.*
- *S transportním elementem: rolny*
- *S transportním elementem: ozubené řemeny.*

Dopravník využívající jako transportní element válečky

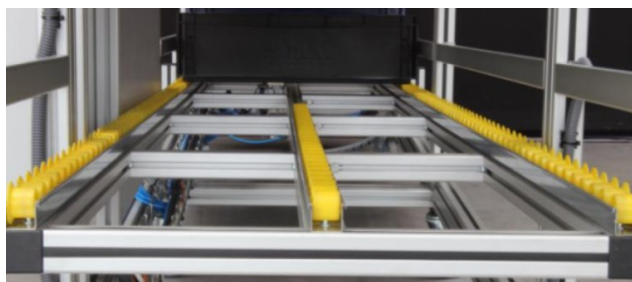
Zařízení využívající jako transportní element válečky nebo též válečkový dopravník (Obr. 1) je základní typ, který lze využít pro přepravu takřka veškerých rozměrů KLT, ale také jakýchkoliv druhů krabic a beden. Většinou se využívají poháněné válečky, ale mohou být také gravitační. Samotné válečky jsou usazeny v pevném rámu a tvoří souvislou dráhu. Výhodou je, že umožňují přepravu i těžších objektů.



Obr. 1 Válečkový dopravník [1]

Dopravník využívající jako transportní element rolny

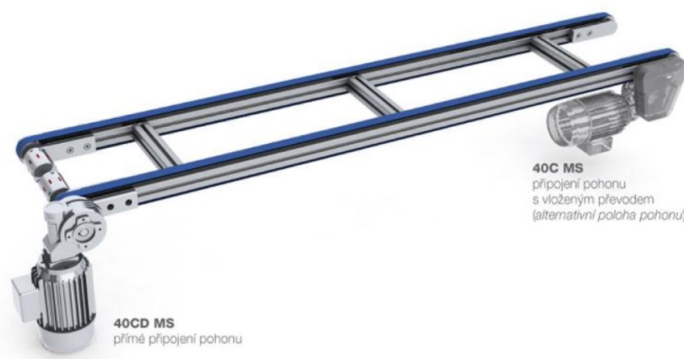
V případě dopravníku využívajícího jako transportní element rolny (Obr. 2) je třeba brát v potaz, že rozmístění jednotlivých roln podstatně omezí rozsah použitelných KLT či jiných druhů beden. Tento typ se převážně využívá jako gravitační dopravník. Výhodou však zůstává jejich jednoduché provedení a podstatně nižší váha než u válečkového dopravníku.



Obr. 2 Dopravník s rolnami [2]

Dopravník využívající jako transportní element ozubené řemeny

Dopravník využívající jako transportní element ozubené řemeny (Obr. 3) bývá vždy poháněn a neumožňuje využití gravitace na rozdíl od válečkového dopravníku. Výhodou je zde prostorové uspořádání, které umožňuje využít středový prostor dopravníku, například pro dorazy či mechanismy, to např. pro otáčení KLT o 360°.



Obr. 3 Dopravník s ozubenými řemeny [3]

1.2. Stroje pro KLT s kombinovaným přesunem

Jedná se o stroje využívající, jak dopravníku, tak zdvižen (Obr. 4). Tato kombinace umožňuje přepravit KLT na určené místo v horizontálním i ve vertikálním směru. Využívá se převážně válečkových dopravníku a dopravníku s rolnami. Zdvižné pak mohou být také válečkové s pevným profilem, nebo využívající rolny. Ke zdvihu pak může být použita poháněná lineární vedení, různé nůžkové mechanismy a pneumatické či hydraulické válce.



Obr. 4 Kombinovaný dopravník [4]

1.3. Stroje pro KLT s možností uskladnění

Obdobou zařízení s kombinovaným přesunem je multifunkční dopravník (Obr. 5). U tohoto typu dopravníku je možné využít vnitřní prostor také pro uskladnění KLT. Toto konkrétní zařízení umožňuje také ukládání do KLT. Nalézá se zde zásobník pro osm prázdných KLT a také výtah zajišťující přísun prázdné KLT na danou pozici.



Obr. 5 Multifunkční dopravník [2]

Zhodnocení

Lze vidět, že se vyrábí mnoho zařízení umožňujících nepřeborné množství funkcí. Průzkum jednotlivých typů zařízení mi pomohl rozhodnout se, které funkce by bylo vhodné využít pro mé konstrukční řešení a které nikoliv. Jelikož pro mé zařízení potřebuji kombinovanější funkce, využiji informace na základě poznatků v této kapitole. Dále také využiji poznatky získané studiem na Vysoké škole Báňské.

2. Rozbor zadání

V následující kapitole se zaměřím na pracovní prostor pro umístění zařízení, současný stav provozu a parametry ovlivňující vlastní konstrukční řešení, jako jsou stanovené parametry KLT. S využitím těchto parametrů jsem vytvořil varianty řešení, které by splňovaly stanovené požadavky, a zároveň by umožnili zařízení vykonávat další funkce pro zajištění vyšší kvality produktu. Jednotlivé varianty dále využiji jako vzory a z nich pak budu vycházet pro výsledné konstrukční řešení.

2.1. Současný stav práce s KLT přepravní bednou

Z hydraulického lisu padají výrobky (plechové výlisky) na dopravní pás v taktu 4s a odtud jsou dopravovány do transportní bedny KLT umístěné na konci dopravníku pod úrovní pásu. Výrobky padají z pásu do KLT po horizontálně výklopném skluzu. Operátor sleduje na displeji počítačového množství výrobků, které byly dopraveny do KLT. Jakmile dosáhne počet výrobků předepsaný počet, přesune operátor výklopný skluz nad prázdnou KLT umístěnou za plnou KLT, odebere plnou KLT a vloží ji na paletu. Poté plněnou KLT přisune i s výklopným skluzem na místo předchozí odebrané KLT. Na místo, kde stála prázdná KLT, vloží novou prázdnou KLT. Proces se dále opakuje.

2.2. Parametry určující provoz

Požadované zařízení by mělo být schopno nahradit nutnost trvalé obsluhy. Tedy mít možnost odebrat KLT ze zásobníku a při dosažení daného počtu kusů vyměnit prázdnou KLT za plnou a to v mezičase 4s. Zároveň má umožnit přemístění plné KLT na místo pro odebrání. Optimálně by měla v zařízení vzniknout možnost uskladnění 6 KLT. Důraz je kladen také na bezpečnost, veškeré mechanismy zařízení budou krytovány a prostory kde dochází ke styku s operátorem, musí být jištěny. Kompletní požadavky shrnuty v závěru kapitoly 2 (Tab. 1).

Parametry určující provoz:

- *Zatížení: 24 kg*
- *Min. uskladnění: 6 KLT přepravních beden*
- *KLT přepravní bedna: 600x400x150 [mm]*

2.3. Charakteristika pracovního prostředí

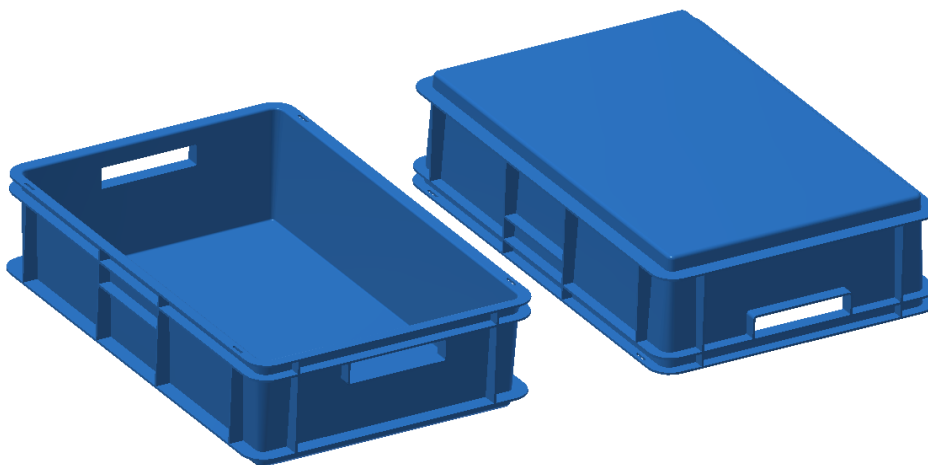
Zařízení je určeno pro provoz v průmyslové hale v blízkosti lisu pro plechové výlisky.

Parametry místa pro ustavení zařízení:

- *Okolní teplota:* 15-40 °C
- *Elektrická přípojka:* 3x230/400 V
- *Zdroj stlačeného vzduchu:* 6 bar
- *Pracovní povrch:* Beton

2.4. Parametry stanovené KLT přepravní bedny

KLT (Obr. 6), je označení přepravní bedny vyrobené z plastu (Polypropylenu) a je tvarována tak, aby umožnila stohování. KLT mají také vyztužené stěny, aby se zajistila větší pevnost, tuhost a vznikají tak opěrná místa (Obr. 7). KLT jsou také opatřeny rukojetmi, aby bylo možné s nimi lépe manipulovat.

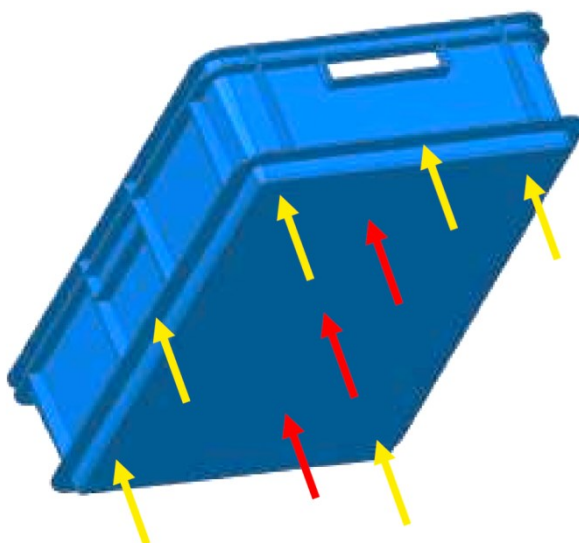


Obr. 6 KLT přepravní bedna

Výhodou těchto KLT je jejich váha a snadná manipulace. Nevýhodou KLT může být materiál. Jelikož jsou přepravky často prány za pomoci vody s vysokou teplotou, aby se zajistila čistota. Vlivem tepla dochází u KLT k mírné deformaci, je tedy nutné s tímto faktem při návrhu počítat.

Parametry KLT přepravní bedny:

- *Výška:* 150 mm
- *Šířka:* 400 mm
- *Délka:* 600 mm
- *Hmotnost cca:* 4 kg



Obr. 7 Opěrná místa (žluta)

Tab. 1 Požadavky na zařízení.

Požadavek	Splněno
Základní pracovní rozměry zařízení 2500x800x2000 mm	Ano
Možnost uložení KLT 600x400x150 mm	Ano
Práce s KLT do hmotnosti 25 kg	Ano
Automatický chod zařízení	Ano
Výměna KLT do 4s	Ano
Uskladnění 6 a více KLT	Ano
Bezpečnost zařízení	Ano

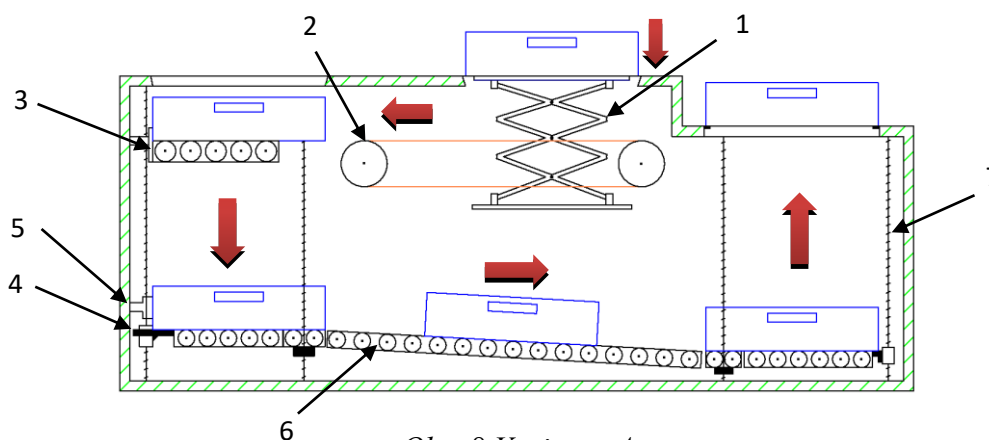
3. Variantní řešení pro stanovené parametry zařízení

Po zhodnocení parametrů provozu, zařízení a vstupních KLT jsem vytvořil varianty schopné dosáhnout požadovaných kritérií. Po zhodnocení všech kladů a záporů u jednotlivých variant jsem následně vytvořil výsledné konstrukční řešení.

Varianta A s klopením nosných roln na boční stěně a gravitačním dopravníkem

První variantou (Obr. 8) bylo zařízení, u něhož dojde nejprve k odebrání KLT pomocí nůžkového zvedáku ze zásobníku, kde je držena záchytným mechanismem. Následně se za pomoci řemenového dopravníku přesune do plnicí polohy. Zde po naplnění dojde k uvolnění, tedy naklopení nosných roln uchycených k části rámu na boční straně. KLT se za pomoci zdvihů tvořených ze tří trapézových šroubu a matic sloužících jako podpěry přesune do nejnižší polohy. Tam je pak pomocí mechanismu zatlačena na gravitační dopravník a z něj dále na druhý zdvih a ten jej vyveze na odběrné místo a opět se zajistí záchytným mechanismem. Výhodou této varianty byla její jednoduchost a nižší energetická náročnost, neumožňovala však zaplnění pracovního prostoru v co největším množství a gravitační dopravník by díky deformacím u KLT mohl způsobit zastavení mimo požadovanou polohu.

Pracovní cyklus zařízení vyznačen pomocí šípek.



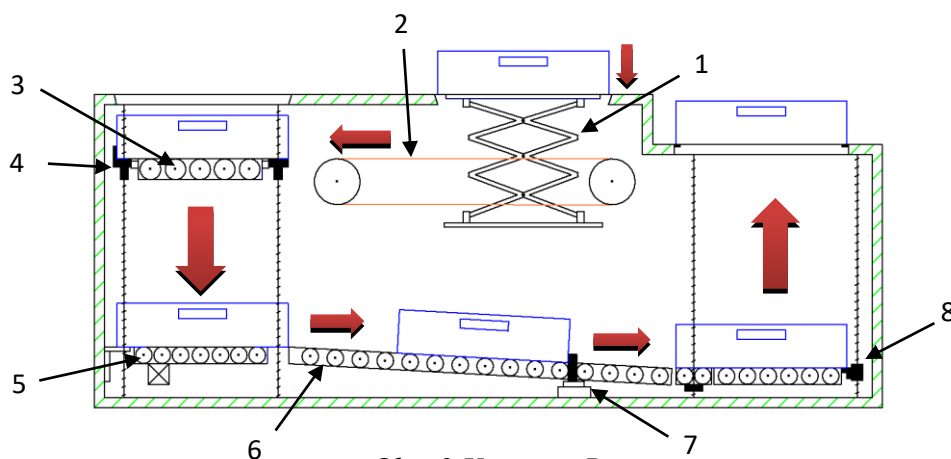
Obr. 8 Varianta A

1-zdvižné nůžky; 2-řemenový dopravník; 3-nosné rolny; 4-zdvih; 5-tlačný mechanismus;
6-gravitační dopravník; 7-zdvih

Varianta B s klopením nosných roln na čelní straně a dopravníkem s poháněnými válečky

U varianty B (Obr. 9) jsem se zaměřil na omezení nedostatku varianty A a na možnosti uložení KLT na gravitačním dopravníku. Rozhodl jsem se přesunout nosné rolly na část rámu u čelní strany. Přesun mi umožnil zvýšit pevnost klopných segmentu a zvětšil se prostor pro podpěru KLT při spouštění. To umožnilo lepší uložení, stabilitu a přepravu KLT. Dále jsem eliminoval tlačný mechanismus a nahradil jej plošinou s poháněnými válečky, které dodají potřebnou počáteční rychlost. K celé konstrukci jsem se rozhodl přidat dorazy, a to mechanicky pevné a nastavitelné. Všechny úpravy zvýšily komplexnost zařízení, což způsobilo zvýšení ceny produktu tak i navýšení spotřeby energie. Zohlednilo se to však v celkové tuhosti zařízení a zajištění přesnějších přesunů. Vznikla také možnost uskladnění KLT v zařízení, stále však nebyl zaplněn celý pracovní prostor.

Pracovní cyklus zařízení vyznačen pomocí šipek.



Obr. 9 Varianta B

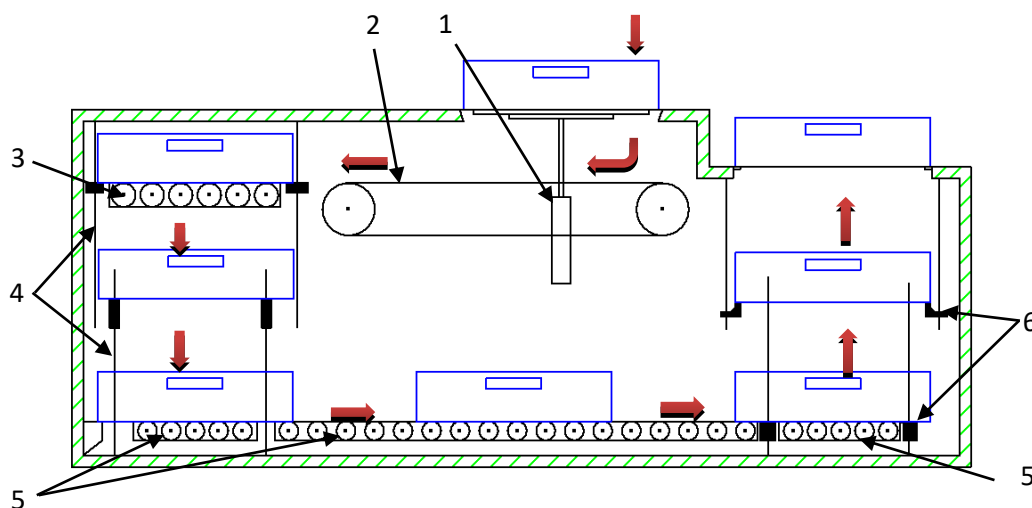
1-zdvižné nůžky; 2-řemenový dopravník; 3-nosné rolly; 4-zdvih; 5-poháněná plošina;
6-gravitační dopravník; 7-pneumatická brzda; 8-zdvih

Varianta C s pneumatickým odběrem KLT, úložnými zdvihy a poháněným dopravníkem

Varianta C (Obr. 10) vznikla za účelem zaplnění celého pracovního prostoru zařízení, a také aby došlo k zefektivnění všech procesů. Abych umožnil uskladnění

KLT také ve svislém uspořádání a tím zajistil maximální využití vnitřního prostoru zařízení, zaměnil jsem celkové zdvihy za kombinaci zdvihu umožňující jednak přesun, tak uskladnění nezávisle na ostatních krocích zařízení. Provedl jsem také výměnu nůžkového zvedáku za jednodušší řešení využívající pneumatického válce. Dále jsem předběžně určil rozmístění jednotlivých senzorů tak, aby splňovaly a umožňovaly práci v plně automatickém chodu. U varianty C jsem se zaměřil také na bezpečnost a přidal ochranné oplocení a uzavíratelné dveře s blokovacími systémy, aby bylo možno vkládat KLT do zásobníku zařízení, tak i je vyjmout z podružného zásobníku.

Pracovní cyklus zařízení vyznačen pomocí šipek.



Obr. 10 Varianta C (bez bezpečnostní klece)

1-pneumatický zdvih; 2-řemenový dopravník; 3-klopné rolny; 4-kombinace zdvihu;
5-poháněný válečkový dopravník; 6-kombinace zdvihů

Zhodnocení

U varianty A jsem se převážně změřil na splnění hlavní funkce a jednoduchost celého systému, obsahovala však řadu nedostatků. Ty by mohly v provozu způsobovat velké problémy, zařízení také vyžadovalo neustálou obsluhu. U varianty B jsem se rozhodl výše zmíněné nedostatky eliminovat. U zařízení jsem splnil téměř veškeré požadavky, stále však nebyl využit plný potenciál zařízení. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl vytvořit Variantu C. U té jsem se zaměřil na vytvoření stroje splňujícího veškeré požadavky. Díky tomu vznikla varianta, kterou využiji pro výsledný návrh zařízení určeného k plnění a uskladnění KLT.

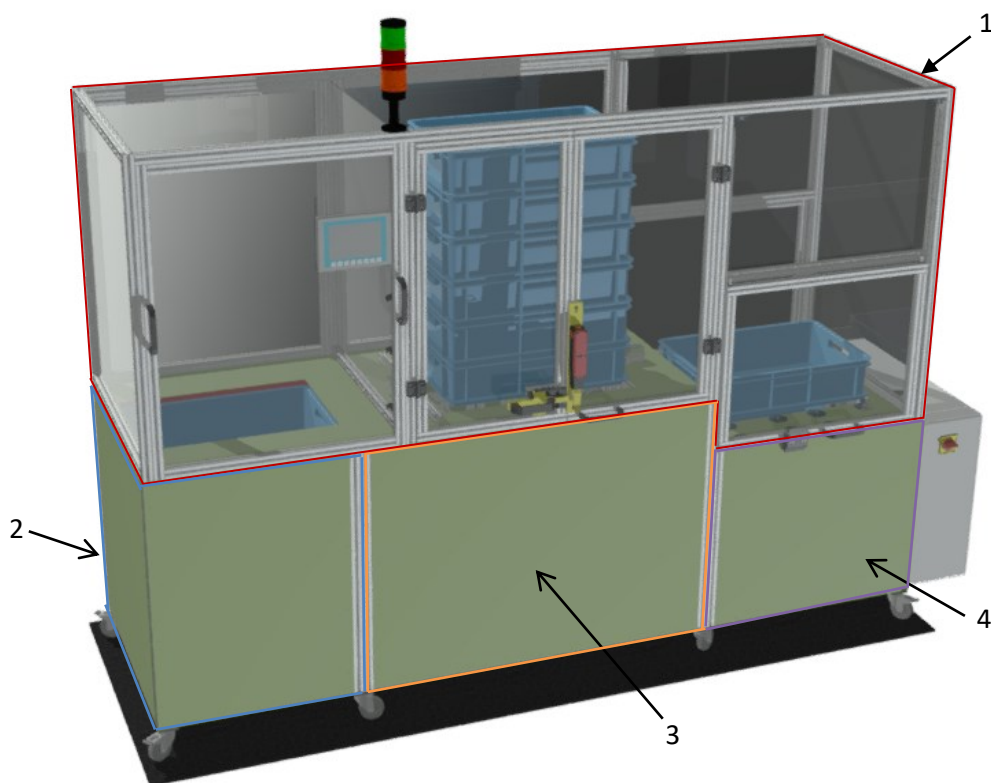
4. Konstrukční návrh

V následující kapitole se zaměřuji na konstrukci výsledné varianty řešení. Vychází z poznatků získaných v kapitole třetí s doplněním o nové poznatky.

Samotné zařízení *Hermés* (Obr. 11) je složeno ze čtyř hlavních částí, a to plnicí části, pracovní části, odběrné části a bezpečnostní klece.

Plnicí a odběrná část je tvořena mechanickými zdvižnými mechanizmy s nosnými „palci“, pneumatickými zádržnými a zdvižnými systémy využívající pneumatické válce od firmy *Festo* (Příloha J) a poháněnými válečkovými dopravníky. Pracovní část obsahuje řemenový dopravník, zdvižný mechanismus, zádržný mechanismus, tlačný mechanismus a poháněný válečkový dopravník. Bezpečnostní klec pak obsahuje prvky pro zajištění bezpečnosti celého zařízení a její obsluhy. Jednotlivé mechanismy jsou konstruovány s ohledem na možné deformace KLT (Podkapitola 2.4).

Dosahování požadované funkce u jednotlivých mechanismu je zajištěno elektrickými a pneumatickými pohony doplněnými o senzorovou snímací síť. Součástí návrhu je zajištění plynulého provozu schopného pojmout 7 KLT a zajistit jejich plnění a odběr.



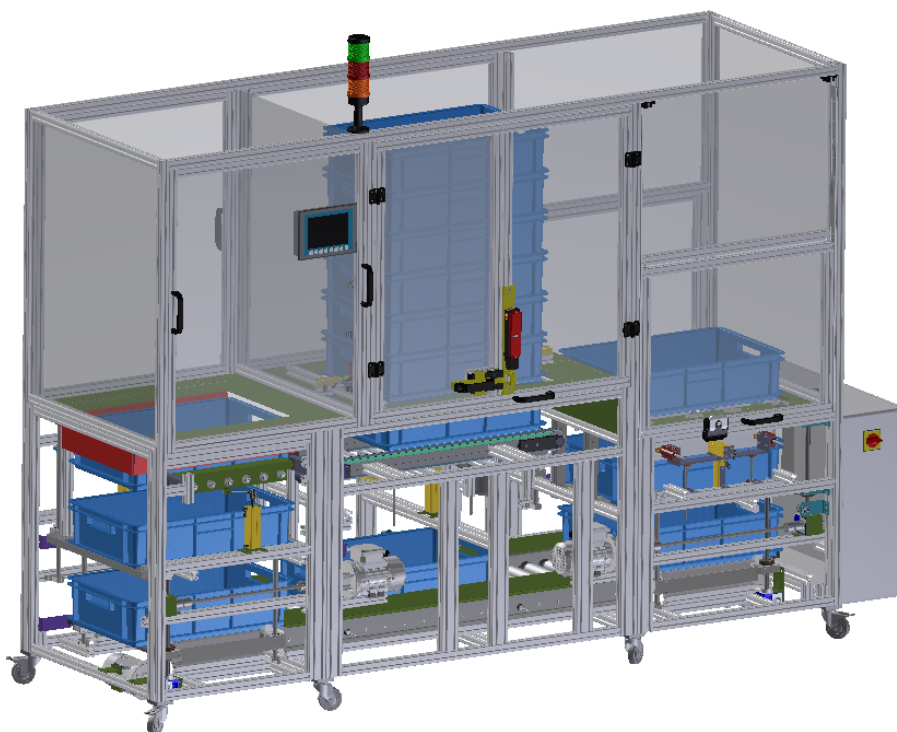
Obr. 11 Zařízení *Hermés*

1- Bezpečnostní klec; 2- Plnicí část; 3- Pracovní část; 4- Odběrná část

Při návrhu jsem se zaměřil na vytvoření konstrukce rámu za pomoci hliníkových profilů, a to včetně všech částí pro uchycení pracovních prvků. Provedl jsem rozbor jednotlivých mechanismů a určil jsem všechny závislosti těchto mechanismů.

Základní rozměrové parametry:

- *Výška:* 1828 mm
- *Rozměr základny:* 2500 x 800 mm



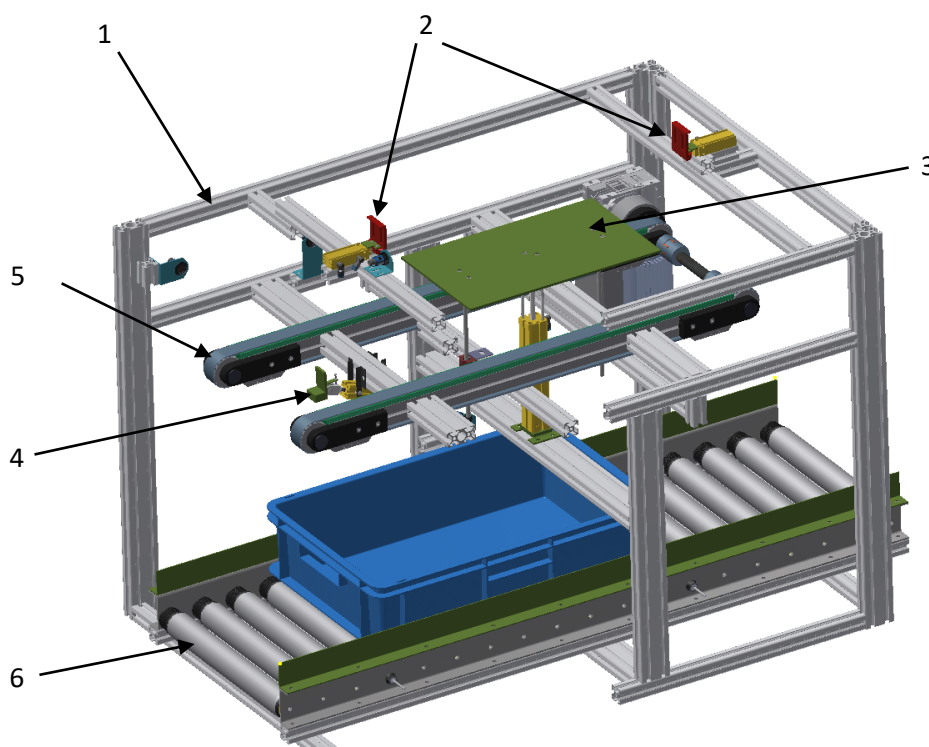
Obr. 12 Zařízení Hermés – bez krytů

Hlavní nosná konstrukce

Rám společný pro všechny části zajišťuje největší únosnost a slouží k hlavnímu uchycení všech mechanismů zařízení. Je vyroben z hliníkového konstrukčního systému (HKS) od firmy *Alvaxis*. Jsou použity profily série 8 a to 30x30 mm a 60x30 mm (Příloha H).

4.1. Pracovní část

V pracovní části (Obr 13.) dochází k uložení 6 KLT do zásobníku. Odsud jsou pak KLT přepravovány do plnicí části a následně převáděny z plnicí části do odběrné části. Při konstrukci jsem se nejprve zaměřil na zdvižný mechanismus v kombinaci se zádržným mechanismem a řemenovým pásem. Poté jsem vytvořil spodní vedení za pomoci poháněného válečkového dopravníku a přidal tlačný mechanismus. Mechanizmy a jednotlivé dopravníky jsem následně uložil do rámu.

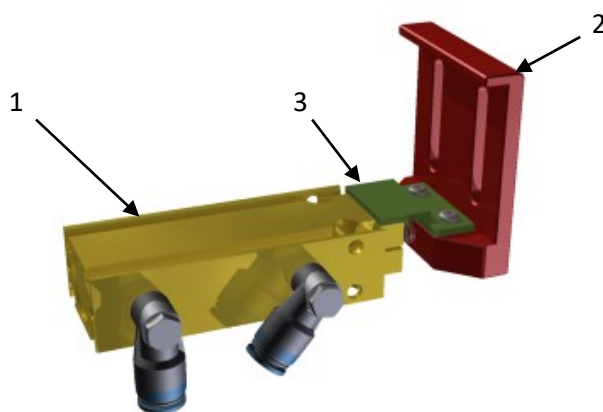


Obr. 13 Pracovní část.

*1- HKS rám; 2- Zádržný mechanismus; 3- Zdvížný mechanismus; 4- Tlačný mechanismus;
5- Řemenový dopravník; 6- Válečkový dopravník*

Zádržný mechanismus

Účelem zádržného mechanismu (Obr. 14) je při odebrání vždy zachytit druhou KLT v pořadí, tak aby bylo možné rozpojení na sobě uložených KLT a následný přesun volné KLT do plnicí pozice. Je tvořen dvěma stejnými částmi, které se skládají z pneumatického válce s pojištěním proti pootočení *DMML-16-25-P-A* (Příloha J) a z upevněné desky s pojištěním proti pootočení uchycené na konci pístnice.

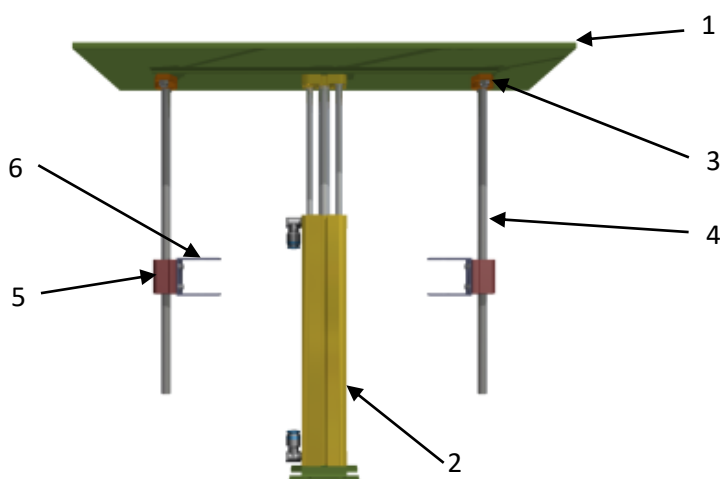


Obr. 14 Zádržný mechanismus

1- Pneumatický válec; 2- Deska - Zadržená; 3- Deska – Pojištění proti pootočení;

Zdvižný mechanismus

Zdvižný mechanismus (Obr. 15) je tvořen nosnou deskou upevněnou k pneumatickému válci s přírubou *ADNGF-25-180-P-A* (Příloha J) a podpůrným vedením. Podpůrné vedení je sestaveno z vodících tyčí *W8* uchycených k nosné desce pomocí *SHF 8 uchycení* (Příloha M). Tyče jsou následně vloženy do *SMA 8 lineársetu* (Příloha M) pevně uchycených k rámu. Mechanismus je částí zásobníku a slouží ke spouštění KLT na řemenový dopravník.

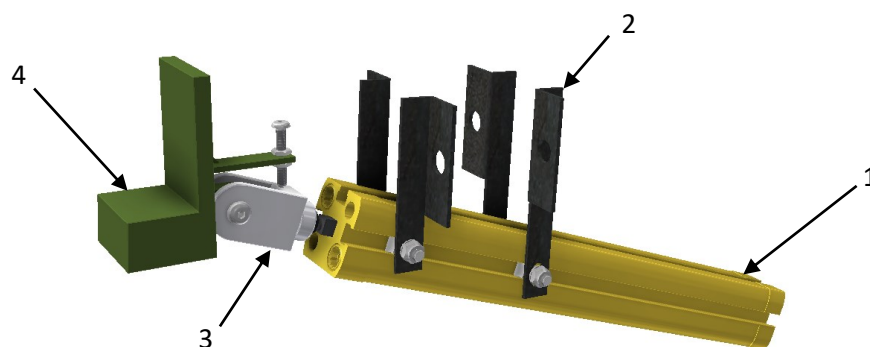


Obr. 15 Zdvižný mechanismus

*1- Nosná deska; 2- Pneumatický válec ADNGF; 3- SHF uchycení vodících tyčí;
4- Vodicí tyč; 5- SMA lineárset; 6- Uchycení SMA*

Tlačný mechanismus

Tlačný mechanismus (Obr. 16) slouží jako pomocný prvek pro zajištění přesunu KLT do koncové plnicí polohy. Skládá se z pneumatického válce s pojištěním proti pootočení *ADN-12-184-P-A* (Příloha J) uchyceného k rámu pomocí čtyř profilových držáků. Na pístnici je uchycena vidlicová koncovka, do níž je vložena tlačná deska. U tlačné desky je možné nastavování úhlu naklonění pomocí stavěcího šroubu pro zajištění správného vedení KLT.

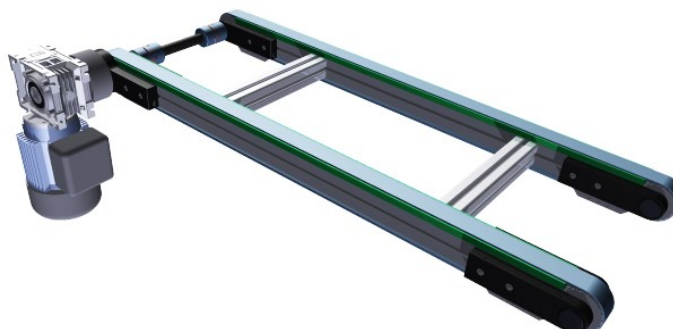


Obr. 16 Tlačný mechanismus

1- Pneumatický válec; 2- Profilový držák; 3- Vidlicová koncovka; 4- Tlačná deska

Řemenový dopravník

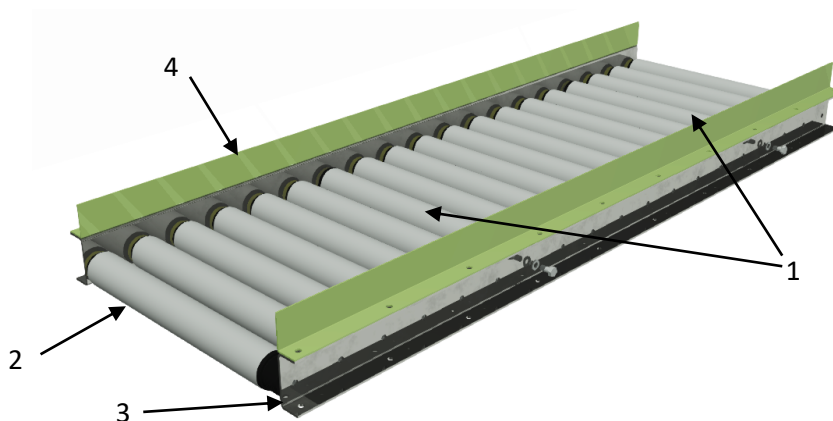
Pro přesun KLT do plnicí polohy jsem na základě návrhu v podkapitole 5.3. zvolil řemenový dopravník (Obr. 17) od firmy *Alváris* typ *DA40 přímé připojení* (Příloha F).



Obr. 17 Řemenový dopravník

Válečkový dopravník

Válečkový dopravník (Obr. 18) je tvořen sadou poháněných válečků *RollerDrive EC310* (Příloha G) a sadou standartních válečků série 3500 (Příloha G) od firmy *Interroll* uchycených za pomoci C-profilu. Vymezení pracovního prostoru je zajištěno pomocí plechových bočnic a dopravník je následně uchycen k rámu.

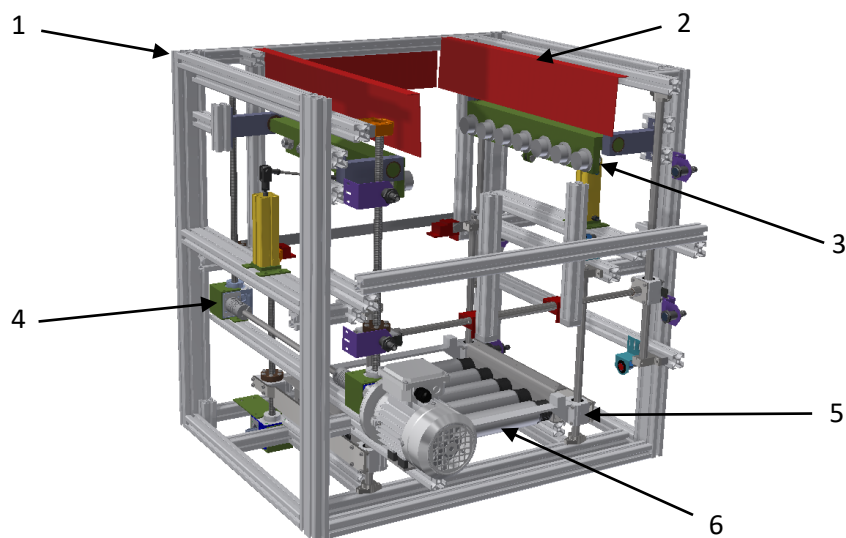


Obr. 18 Válečkový dopravník

1- Váleček – *RollerDrive EC310*; 2- Váleček – série 3500; 3- C-profil; 4- Plechová bočnice

4.2. Plnicí část

V případě plnicí části (Obr. 19) jsem se zaměřil na schopnost svislého uložení KLT. Uchycení v plnicí poloze je zajištěno pomocí klopného mechanismu s rolnami, kde je klopení zajišťováno pomocí pneumatického válce. Přesun na mezi polohu je zajišťován díky primárnímu zdviženému mechanismu umožňujícímu náklon nosných palců pro předání KLT. Název „palec“ volím z důvodu usnadnění popisu vlastních součástí, jedná se o speciální manipulační držáky umožňující uchycení KLT za nosný lem. Přesun do spodní polohy je zajištěn pomocí sekundárního zdvižného mechanismu. Ten KLT uloží na malý válečkový dopravník, který ji následně přesune do pracovní části.

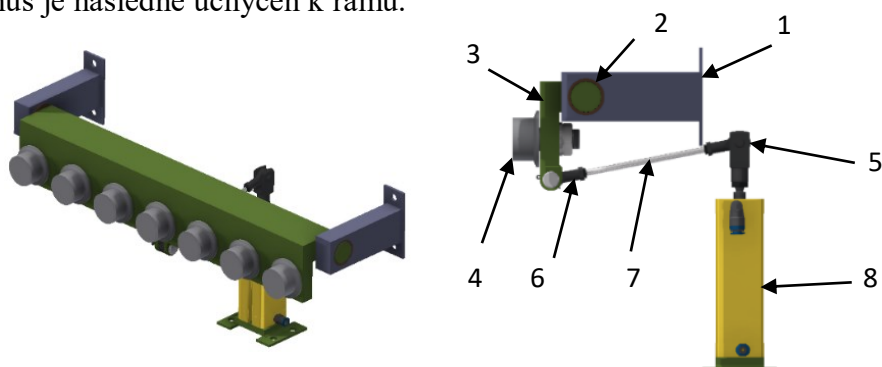


Obr. 19 Plnicí část

*1- HKS rám; 2- Bočnice; 3- Klopný mechanismus; 4- Primární zdvižný mechanismus PC;
5- Sekundární zdvižný mechanismus PC; 6- Malý válečkový dopravník*

Klopný mechanismus.

Klopný mechanismus (Obr. 20) slouží pro zadržení KLT v plnicí poloze, její následné uvolnění při naplnění KLT, a tím umožnění přesunu do následující polohy. Je tvořen dvěma stejnými částmi. Skládají se z klopné desky, na niž jsou uloženy rolly HPJ (Příloha P). Desky jsou uloženy v kluzných ložiscích (Příloha P), a ty následně v zádržném domku. Deska je dále za pomoci táhla uchycena k pneumatickému válci ADN-25-90-P-A (Příloha J), který zajišťuje náklon. Celý mechanismus je následně uchycen k rámu.



Obr. 20 Klopný mechanismus

*1- Zádržný domek; 2- Kluzné ložiska; 3- Klopná deska; 4- Rolna; 5- Vidlicová koncovka;
6- Kloubová hlavice; 7- Spojovací tyč; 8- Pneumatický válec*

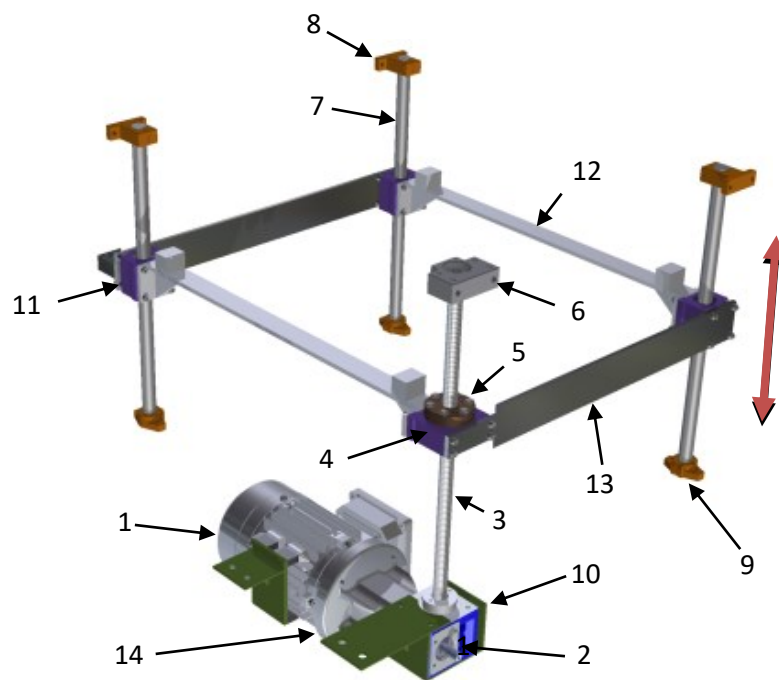
Primární zdvižný mechanismus PC

Primární zdvižný mechanismus PC (Obr. 21) je tvořen dvěma částmi. První část se skládá ze zdvižné převodovky TSE 2-RN (Příloha N) s trapézovým šroubem TRZ1 (Příloha N). Na trapézovém šroubu je uchycena matice MRF TR-14x4 (Příloha N) uložená v domku. Domek je propojen pomocí hřídele s uložením na protější straně. Uložení je přichyceno k lineársetu SME16 (Příloha M), který se pohybuje po vodící tyči W16 (Příloha M). Na hřídeli jsou umístěny nosné palce, které kloužou po pevném vedení. Když se palce dostanou mimo vedení, dojde k jejich sklopení (Podkapitola 4.7.). Druhá část se skládá také ze zdvižné převodovky s trapézovým šroubem. Na trapézovém šroubu je umístěná matice uložená v domku. Na domku je speciální uložení pro uchycení nosného palce, který klouže po pevném vedení. Protější strana je sestavena z vodící tyče, po níž se pohybuje lineárset, na něm je uchyceno speciální uložení pro uchycení nosného palce. Ten klouže po pevném vedení. Obě strany jsou spojeny pomocí držáku. Hlavním účelem je převést KLT z plnicí polohy do mezi polohy a následně předat KLT sekundárnímu mechanismu.



Sekundární zdvižný mechanismus PC

28

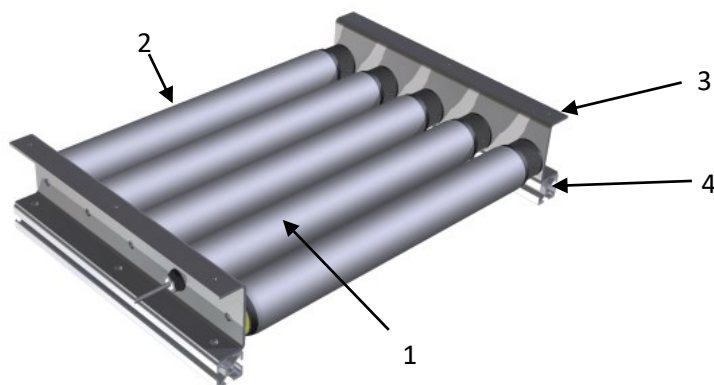


Obr. 22 Sekundární zdvižný mechanismus PC

*1- Elektromotor; 2- Zdvižná převodovka; 3- Trapézový šroub; 4- Uložení matice;
5- Přírubová matice; 6- Ložiskový domek; 7- Vodicí tyč; 8- SK uchycení vodicí tyče;
9- SHF uchycení vodicích tyčí; 10- Uchycení zdvižné převodovky; 11- SMA lineárset;
12- Spojovací palce; 13- Spojovací desky; 14- Spojovací příruba*

Malý válečkový dopravník

Válečkový dopravník (Obr. 23) je tvořen poháněným válečkem *RollerDrive EC310* (Příloha G) a sadou standartních válečku série 3500 (Příloha G) od firmy *Interroll* uchycených za pomoci C-profilu.

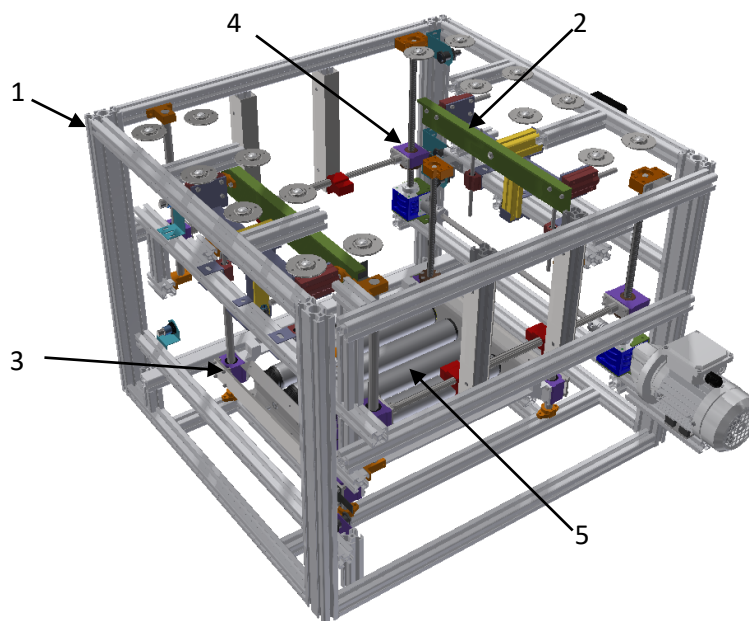


Obr. 23 Malý válečkový dopravník

1- Váleček – RollerDrive EC310; 2- Váleček – série 3500; 3- C-profil; 4- HKS profil

4.3. Odběrná část

Odběrná část (Obr. 24) je obdobou plnicí části. Liší se ve zdvižném vedení umožňující náklon. Finální poloha KLT je zajišťována pomocí pneumatického zdvižného mechanismu. Opět obsahuje malý válečkový dopravník (Podkapitola 4.2), který slouží pro přebrání KLT z pracovní části. Odběrná část slouží pro vertikální uskladnění KLT a pro přepravu do odběrného místa.

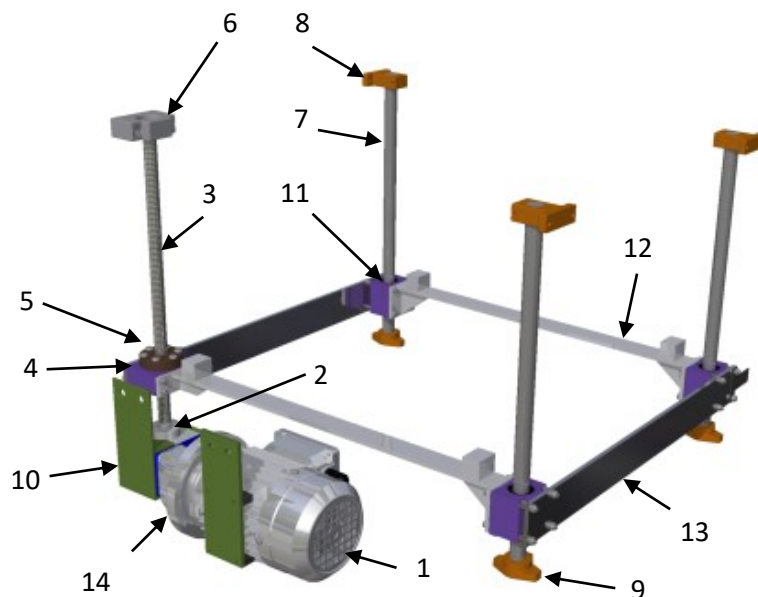


Obr. 24 Odběrná část

1- HKS rám; 2- Zdvižný pneumatický mechanismus OC; 3- Primární zdvižný mechanismus OC; 4- Sekundární zdvižný mechanismus OC; 5- Malý válečkový dopravník

Sekundární zdvižný mechanismus OC

Sekundární zdvižný mechanismus OC (Obr. 25) se skládá ze dvou nosných palců uchycených ke třem lineársetům SME16 (Příloha M) a jednomu domku pro uložení matice MRF TR-14x4 (Příloha N). Ty jsou vzájemně propojeny pomocí spojovacích desek. V matici je uložen trapézový šroub TRZ1 (Příloha N). Ten se pohybuje pomocí zdvižné převodovky TSE 2-RN (Příloha N). Slouží k přesunu KLT z malého pásového dopravníku do mezi polohy a předání primárnímu zdvižnému mechanismu.

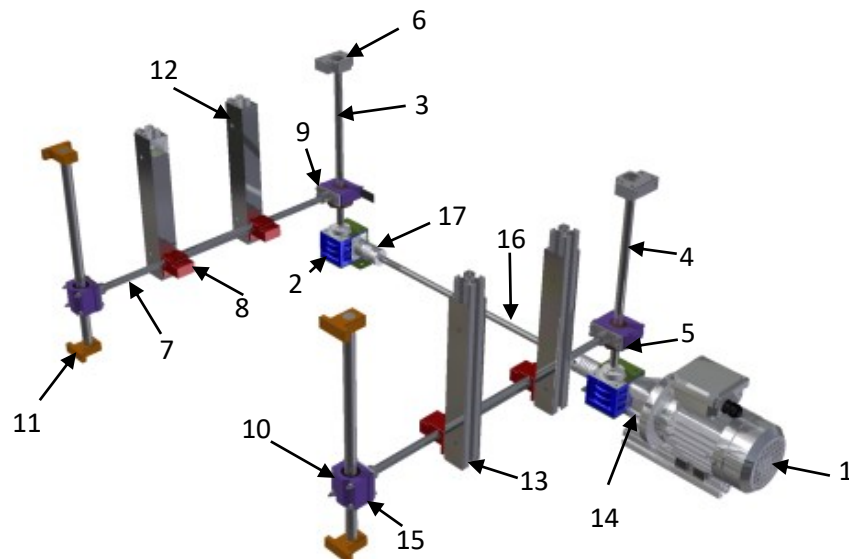


Obr. 25 Sekundární zdvižný mechanismus OC

1- Elektromotor; 2- Zdvižná převodovka; 3- Trapézový šroub; 4- Uložení matice; 5- Přírubová matice; 6- Ložiskový domek; 7- Vodicí tyč; 8- SK uchycení vodicí tyče; 9- SHF uchycení vodicích tyčí; 10- Uchycení zdvižné převodovky; 11- SMA lineárset; 12- Spojovací palce; 13- Spojovací desky; 14- Spojovací příruba

Primární zdvižný mechanismus OC

Primární zdvižný mechanismus OC (Obr. 26) je sestaven ze dvou zrcadlově umístěných částí. Každá část se skládá z jedné zdvižné převodovky TSE 2-RN (Příloha N) s trapézovým šroubem TRZ1 (Příloha N) uchyceným v ložiskovém domku. Po trapézovém šroubu se pohybuje přírubová matice MRF TR-14x4 (Příloha N) uchycená v uložení matice. Uložení je dále pomocí hřídele spojeno s lineársetem SMA 16 (Příloha M), který se pohybuje po vodicí tyči W16 (Příloha M). Vodicí tyč je uchycena v SK16 a SHF16 uchycení vodicích tyčí (Příloha M). Na hřídeli jsou nalisovány klopné palce pohybující se po vodicích deskách. Jednotlivé části jsou propojeny za pomoci spojky a hřídele skrze zdvižné převodovky a poháněny jedním asynchronním motorem od firmy *Raveo* (Podkapitola 5.2.).

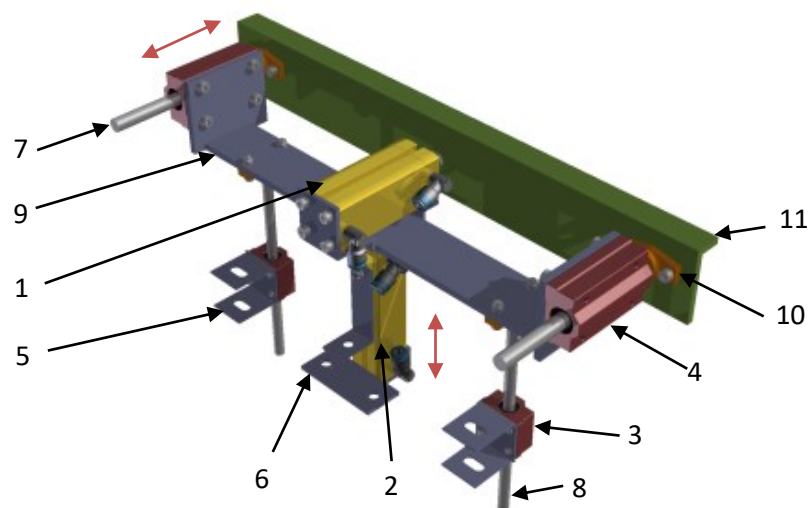


Obr. 26 Primární zdvižný mechanismus OC

*1- Elektromotor; 2- Zdvižná převodovka; 3- Trapézový šroub; 4- Uložení matice;
5- Přírubová matice; 6- Ložiskový domek; 7- Hřídel; 8- Klopný palec; 9- Uchycení
hřídele; 10- Vodicí tyč; 11- SK uchycení vodicí tyče; 12- Vedení klopných palců;
13- Uchycení vedení; 14- Uchycení zdvižné převodovky; 15- SMA lineárset; 16- Spojovací
hřídel; 17-Spojka*

Zdvižný pneumatický mechanismus OC.

Zdvižný pneumatický mechanismus OC (Obr. 27) slouží k finálnímu kroku, a to přesunu KLT do odběrného místa. Skládá se z dvou zrcadlově umístěných jednotek, z nichž každá jednotka je sestavena ze zdvižného pneumatického válce s přírubou ADNGF-16-75 P-A (Příloha J) a pneumatického válce s výsuvným pohybem ADN-20-52 P-A (Příloha J). Pro zajištění přímočarého vedení a jako nosný prvek jsou přidány W8 a W10 vodicí tyče (Příloha M), uzavřené lineársety SMA8, SMAL10 a SHF uchycení vodicích tyčí (Příloha M). Spojení pneumatických válců s lineárním vedením je zajištěno pomocí profilované ocelové desky a celé zařízení se upevňuje k HKS rámu pomocí montážních držáků. Poslední částí je nosná deska tvořená ohýbaným profilem, která je upevněna k válci ADN a SMAL10 a slouží pro uložení KLT.

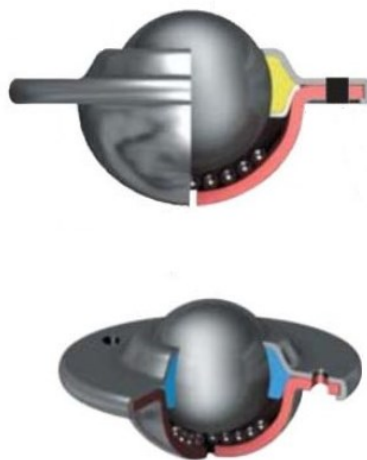


Obr. 27 Zdvižný pneumatický mechanismus OC

1- Pneumatický válec ADN; 2- Pneumatický válec ADNGF; 3- SMA lineár set; 4- SMAL lineár set; 5- Uchycení SMA; 6- Uchycení pneumatického válce; 7- vodící tyč W10; 8- vodící tyč W8; 9- Deska uložení SMAL a pneumatického válce; 10- SHF uchycení vodících tyčí; 11- Zdvižná deska

Kuličková kladka.

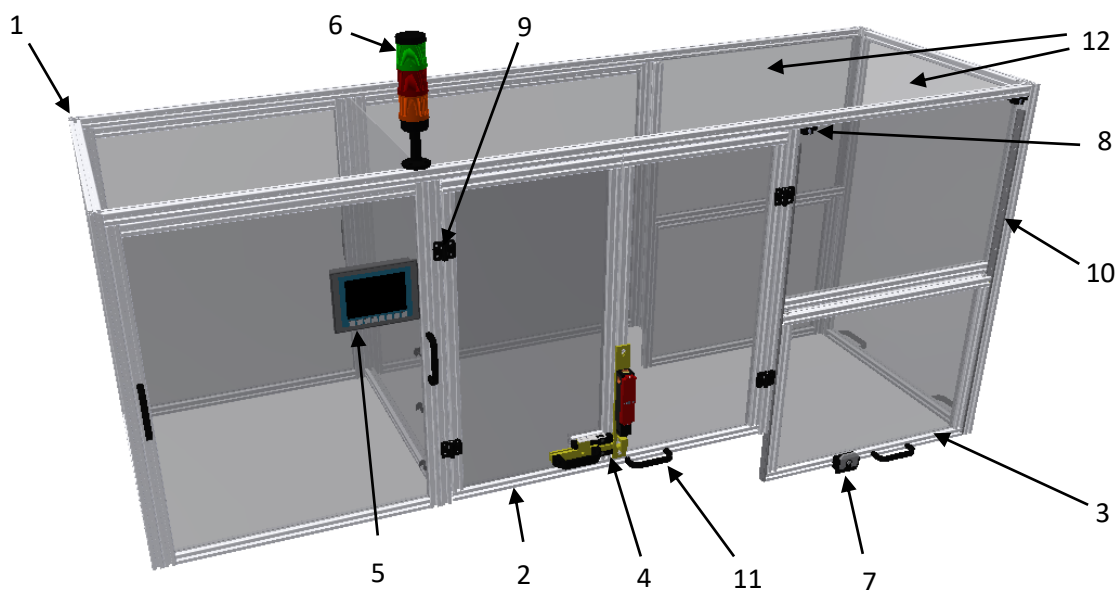
Kuličkové kladky (Obr. 28) o průměru 19 mm od firmy *DÍLENSKÉ VYBAVENÍ* s nosností na hlavě do 10kg jsou umístěny v horní desce krytu. Zde slouží pro usnadnění vyjmutí KLT z odběrného místa, a tím snížení nároků na fyzický výkon pracovníka.



Obr. 28 Kuličková kladka [15]

4.4. Bezpečnostní klec

Bezpečnostní klec (Obr. 29) je sestavena tak, aby zajišťovala trvalou bezpečnost při práci stroje a zároveň umožnila přístup vyplývající z pracovních operací zařízení. Hlavní rám a veškeré rámy krytů a dveří jsou tvořeny profily 8 30x30 (Příloha H) a polykarbonátovou výplní od firmy *Alváris* (Příloha I). Výplně v pracovních místech jsou uzpůsobeny tak, aby je bylo možné snadno vyjmout a přemísťovat v závislosti na umístění zařízení. Přístup k zásobníku pro 6 KLT je umožněn přes křídlové dveře zajištěné pomocí bezpečnostního zámku TP a instalačního vybavení od firmy *EUCHNER* (Příloha O). Přístup k odběrnému místu je zajištěn přes výsuvná dvířka se zajišťováním v horní poloze a lineárním vedením od firmy *IGUS* (Příloha F). Horizontální dveře je možné uzamknout pomocí dveřního zámku od firmy *Alváris*. Bezpečnostní klec je také opatřena vizuálním systémem, a to světelným majákem sloužícím jako prvek pro upozornění na stav zařízení. Jako zobrazovací zařízení volím HMI panel od firmy *SIEMENS*. Ostatní instalační prvky využiji od firmy *Alváris*.

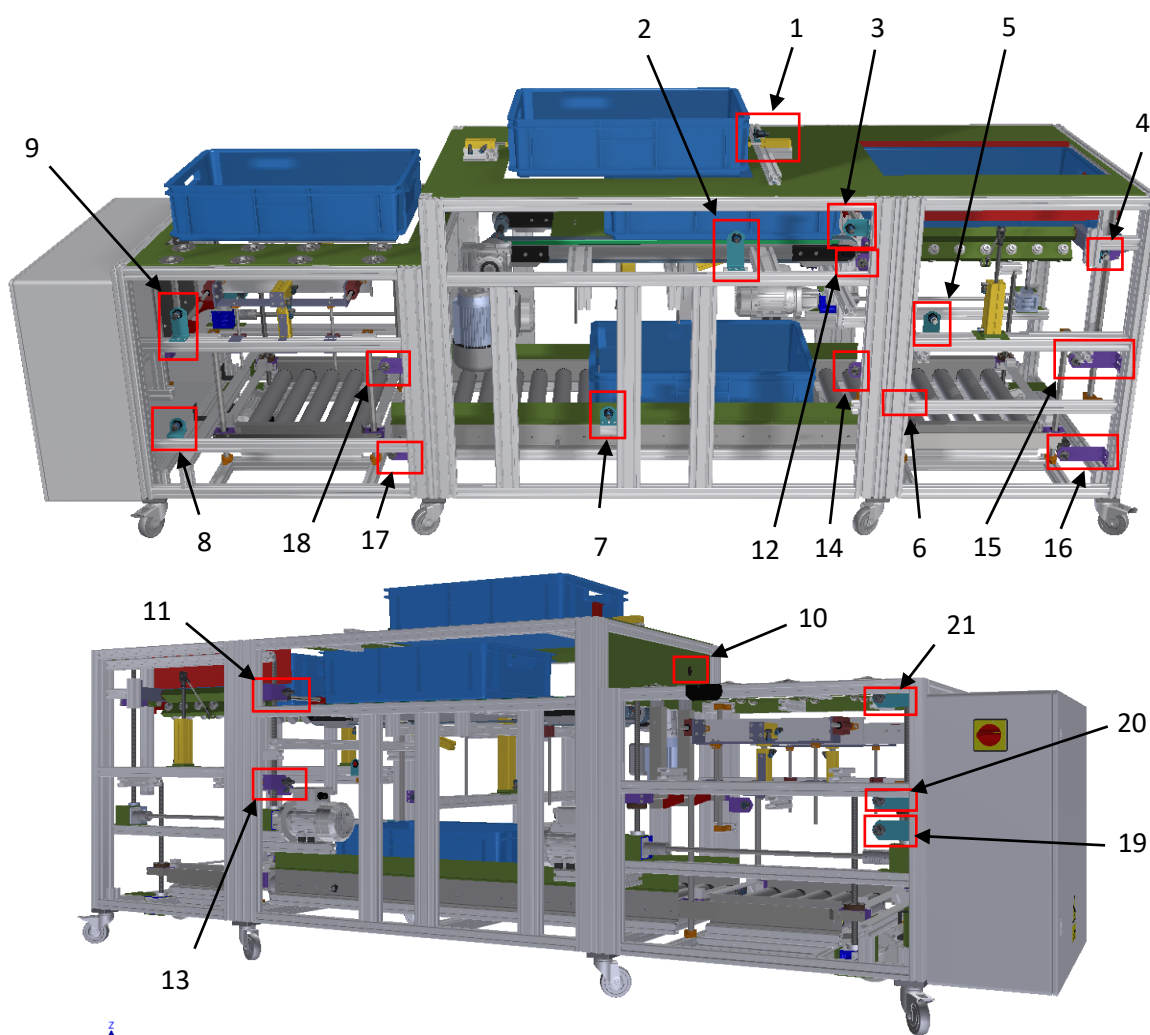


Obr. 29 Bezpečnostní klec

1- HKS rám; 2- Křídlové dveře; 3- Výsuvné dvířka 4- Bezpečnostní zámek TP; 5- HMI panel; 6- Světelný maják; 7- Dveřní zámek Alváris; 8- Kulová západka PA; 9- Závěs 8 30 PA; 10- Lineární vedení; 11- Rukojeť; 12- Polykarbonátová výplň

4.5. Senzorová snímací síť

Senzorová snímací síť (Obr. 30) složená z 21 snímačů je navržena tak, aby umožnila automatické řízení celého zařízení. Využívám dva typy senzorů od firmy SICK a to optoelektronické snímače GR18S (příloha K) pevně uchycené k rámu pomocí montážního držáku, ty slouží pro snímání beden v dané pozici, a indukční snímače IME (příloha K) pevně uchycených k rámu pomocí montážních držáků. Slouží pro snímání pozice primárních a sekundárních palců. Rozmístění senzorů a jejich návaznost (příloha C) je navržena tak, aby usnadnila možnost automatizace na základě signálu z jednoho či více senzorů současně.

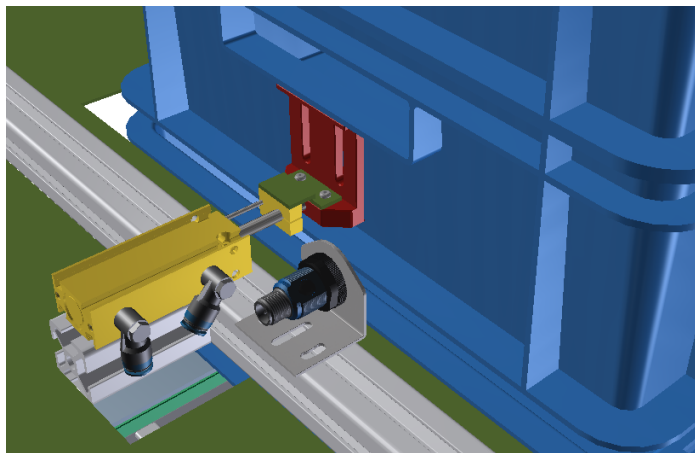


Obr. 30 Snímací síť

1- Detail O-S1; 2- Detail O-S2; 3- Detail O-S3 4- Detail O-S4; 5- Detail O-S5; 6- Detail O-S6; 7- Detail O-S7; 8- Detail O-S8; 9- Detail O-S9; 10- Detail O- S10; 11- Detail I-S11; 12- Detail I-S12; 13- Detail I-S13; 14- Detail I-S14; 15- Detail I-S15; 16- Detail I-S16; 17- Detail I-S17; 18- Detail I-S18; 19- Detail I-S19; 20- Detail I-S20; 21- Detail I-S21

O-snímač umístění KLT v zásobníku S1

Optoelektronický snímač GR18S (Obr. 31) udává, zda se KLT nalézá v zásobníku či nikoli a dále určuje, zda dojde k vysunutí pneumatického zádržného mechanismu.



Obr. 31 Detail o-snímač umístění KLT v zásobníku.

O-snímač umístění KLT na řemenový dopravník S2

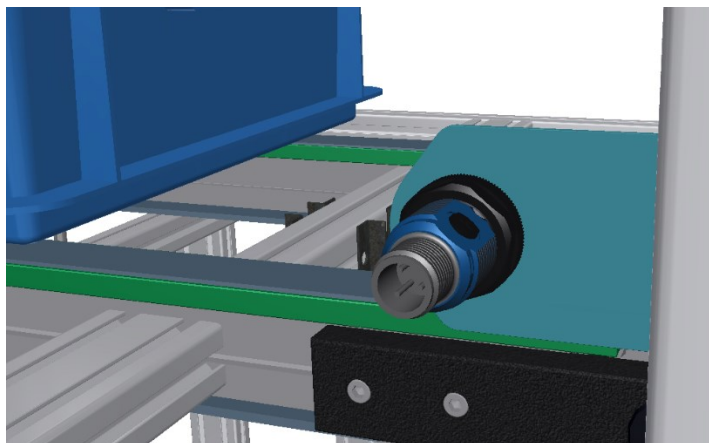
Hlavním účelem snímače GR18S (Obr. 32) je určit zda je KLT uložena na řemenovém dopravníku. V kooperaci se snímačem S1 určuje práci pneumatického zádržného mechanismu. V kooperaci se snímačem S3 určuje práci zdvižného mechanismu.



Obr. 32 Detail o-snímač umístění KLT na řemenovém dopravníku

O-snímač umístění KLT v přípravné poloze S3

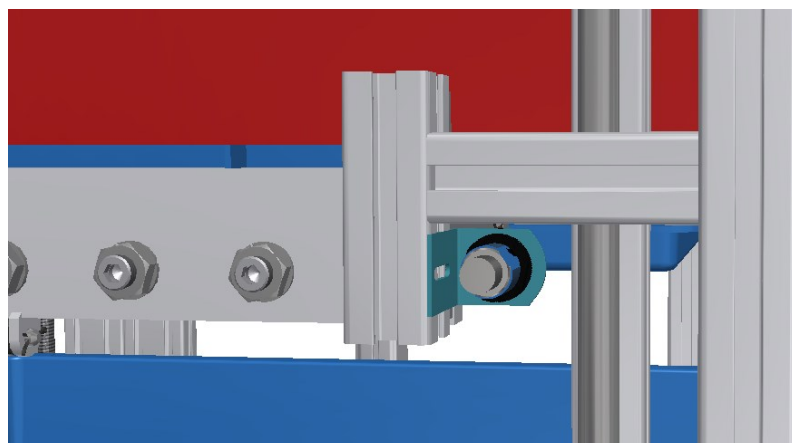
Hlavním účelem GR18S umístěném v přípravné poloze (Obr. 33) je snímání přítomnosti KLT v přípravné poloze, odkud se dále přesouvá na plnicí pozici. Snímač v kooperaci se snímačem S4 určuje další přesun KLT a práci pneumatického tlačného mechanismu.



Obr. 33 Detail o-snímač umístění KLT v zásobníku.

O-snímač umístění KLT v plnicí poloze S4

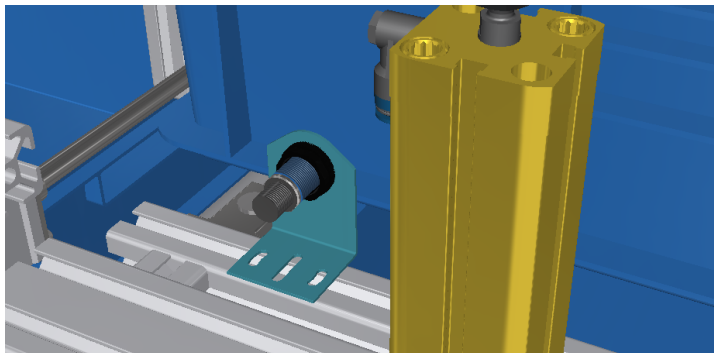
Snímač GR18S umístěný v plnicí poloze (Obr. 34) má jako primární účel zaznamenávat přítomnost KLT. Dalším účelem je určovat pozici primárního vedení PC a klopení klopného mechanismu.



Obr. 34 Detail o-snímač umístění KLT v plnicí poloze.

O-snímač umístění KLT v mezi poloze PC S5

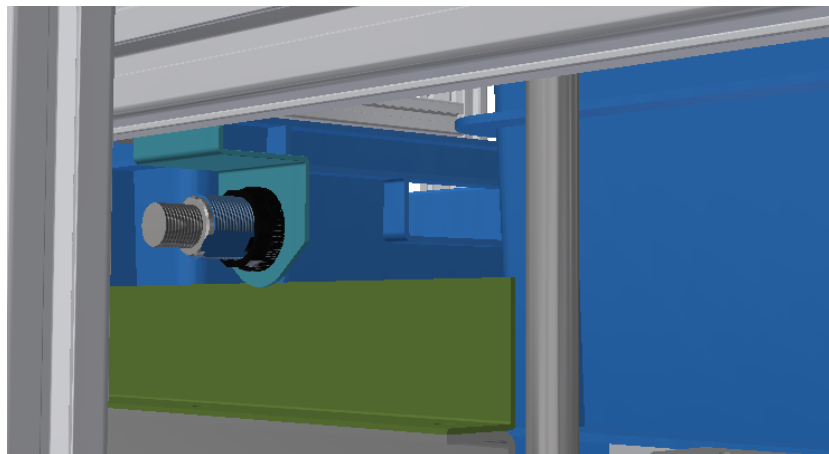
Snímač GR18S umístěn v mezi poloze (Obr. 35) slouží pro zaznamenání pozice KLT. V kooperaci s S5 určuje, zda KLT setrvá na pozici, či nikoli.



Obr. 35 Detail o-snímač umístění KLT v mezi poloze PC.

O-snímač umístění KLT na válečkovém dopravníku PC S6

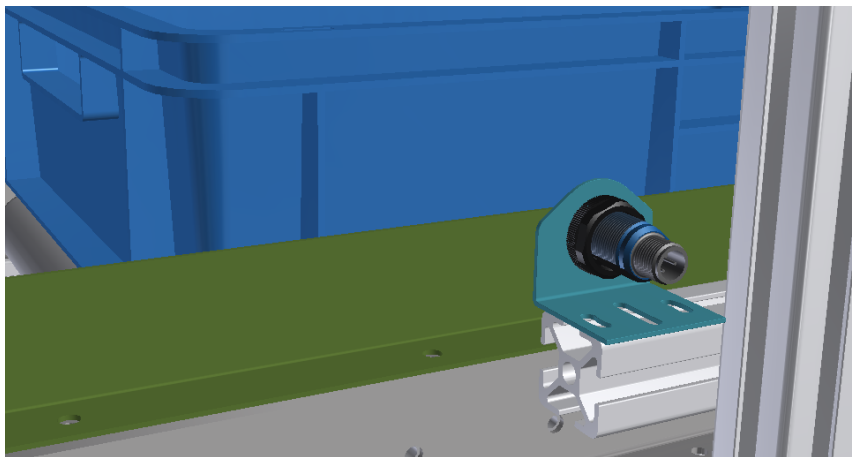
Hlavním účelem snímače GR18S (Obr. 36) je sledování umístění KLT na válečkovém dopravníku. V koordinaci s S7 určuje, zda KLT setrvá na pozici, či se přesune na válečkový dopravník SPC.



Obr. 36 Detail o-snímač umístění KLT na válečkovém dopravníku PC.

O-snímač umístění KLT na válečkovém dopravníku SPC S7

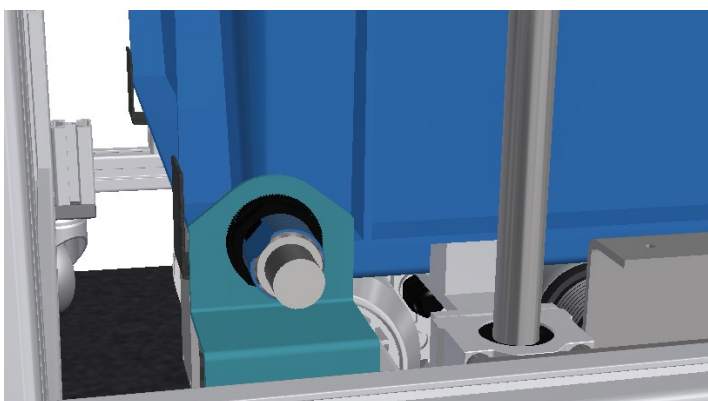
Snímač GR18S umístěný u válečkového dopravníku SPC (Obr. 37). Slouží pro zaznamenání KLT a v závislosti na S8 určuje další chod válečkového dopravníku SPC.



Obr. 37 Detail o-snímač umístění KLT na válečkovém dopravníku SPC.

O-snímač umístění KLT na válečkovém dopravníku OC S8

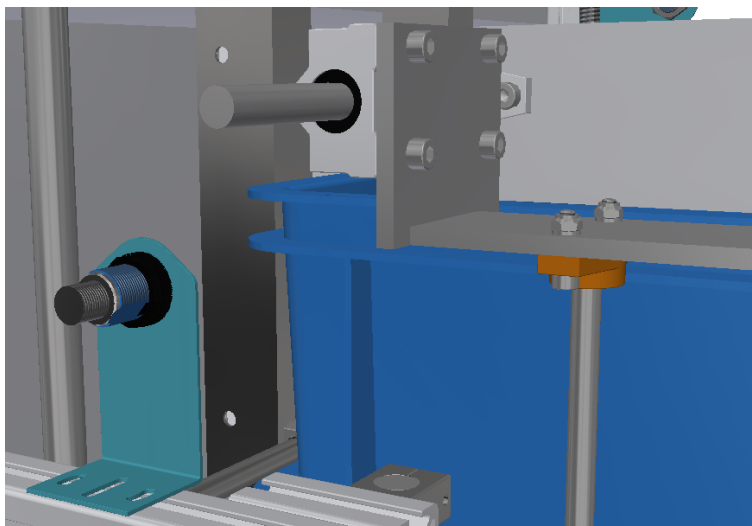
Snímač GR18S umístěný v dolní poloze odběrné části (Obr. 38) slouží pro zaznamenání KLT. V kooperaci s ostatními snímači slouží k určení polohy sekundárních palců OC, indikaci nutnosti doplnění KLT do zásobníku a zastavení válečkového dopravníku OC.



Obr. 38 Detail o-snímač umístění KLT na válečkovém dopravníku OC.

O-snímač umístění KLT v mezi poloze OC S9

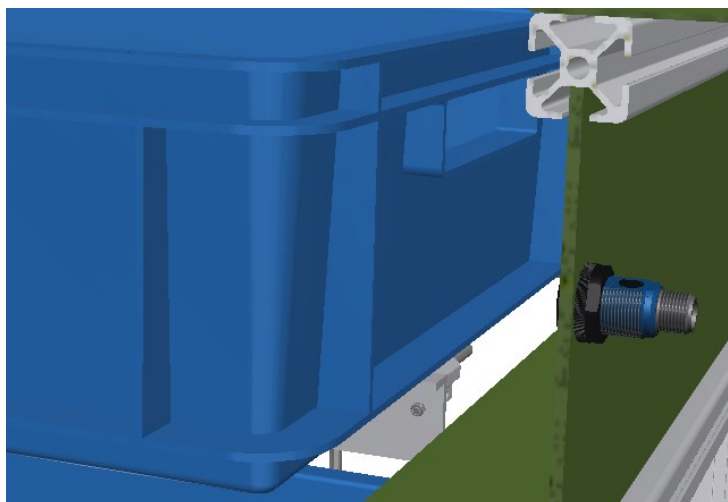
Snímač GR18S umístěný v mezi poloze odběrné části (Obr. 39) slouží primárně k zaznamenání KLT. V kooperaci s dalšími snímači určuje pozici primárních palců OC a práci zdvižného pneumatického mechanismu OC.



Obr. 39 Detail o-snímač umístění KLT v mezi poloze OC.

O-snímač umístění KLT v odběrné poloze S10

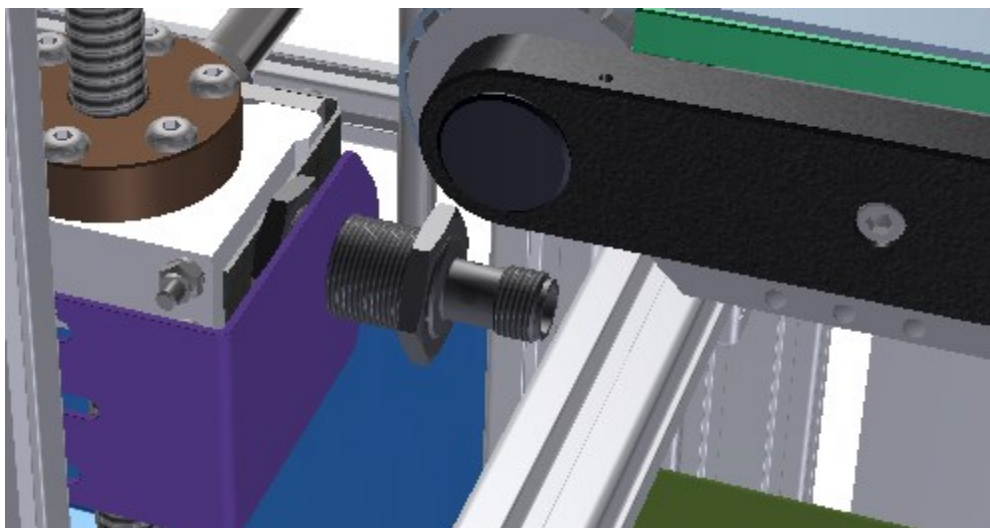
Snímač GR18S umístěný v konečné poloze (Obr. 40) slouží pro zaznamenání KLT v poloze pro odebrání. V kooperaci s ostatními snímači slouží pro určení pracovního cyklu pneumatického zdvižného mechanismu OC.



Obr. 40 Detail o-snímač umístění KLT v zásobníku.

I-snímač pozice 1 primárních palců PC S11

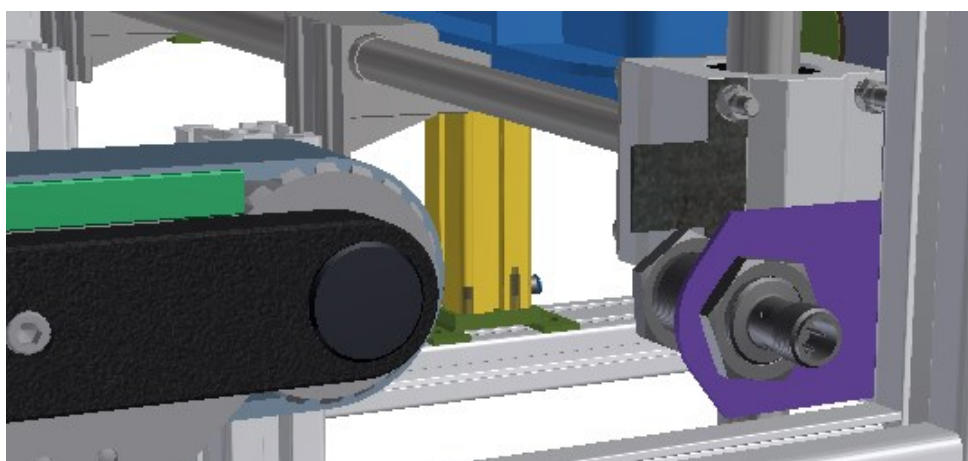
Indukční snímač IME18 umístěný nad úrovní řemenového dopravníku (Obr. 41) slouží pro řízení koncové polohy primárních palců.



Obr. 41 Detail I-snímač pozice 1 primárních palců PC.

I-snímač pozice 2 primárních palců PC S12

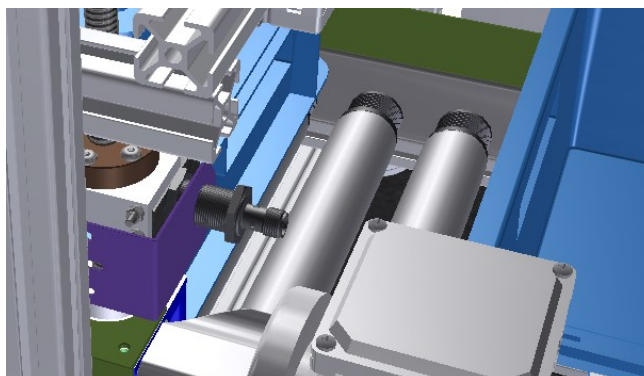
Indukční snímač IME18 umístěný na úrovni řemenového dopravníku (Obr. 42) slouží pro řízení a umožnění zastavení v mezi poloze 2 primárních palců PC.



Obr. 42 Detail I-snímač pozice 2 primárních palců PC.

I-snímač pozice 3 primárních palců PC S13

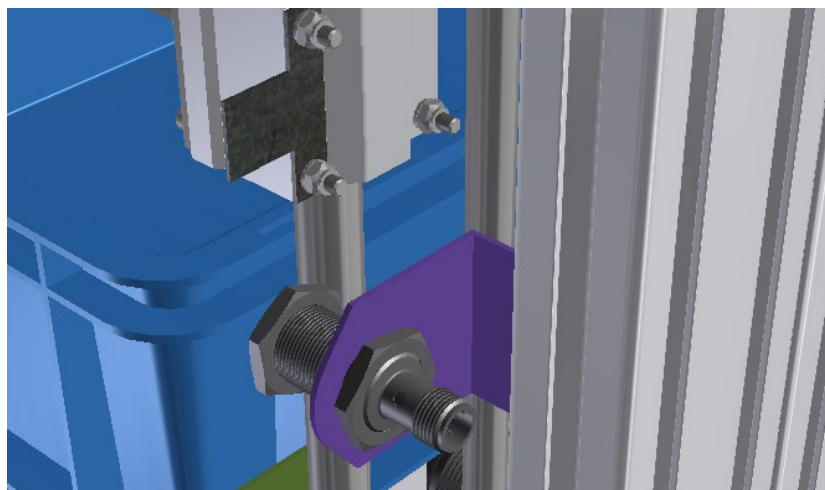
Indukční snímač IME18 umístěný nad úrovní motoru (Obr. 43) slouží pro řízení a umožnění zastavení v mezi poloze 3 primárních palců PC.



Obr. 43 Detail I-snímač pozice 3 primárních palců PC.

I-snímač pozice 4 primárních palců PC S14

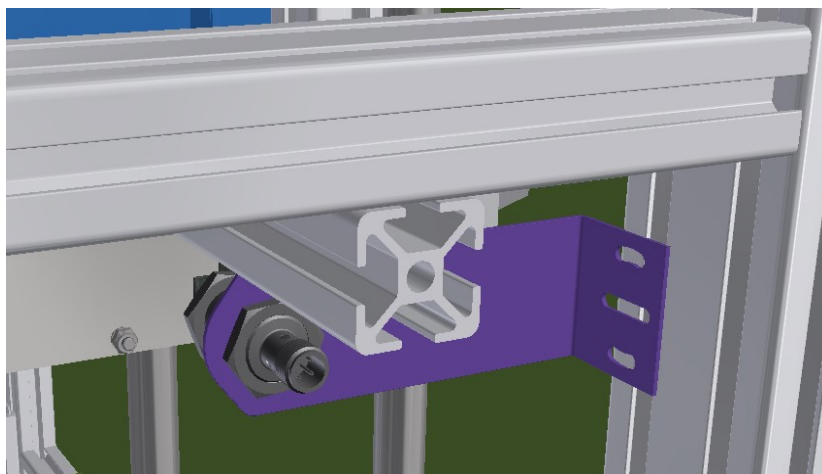
Indukční snímač IME18 umístěný nad úrovní motoru (Obr. 44) slouží pro řízení a umožnění zastavení v koncové poloze primárních palců PC.



Obr. 44 Detail I-snímač pozice 4 primárních palců PC.

I-snímač pozice 1 sekundárních palců PC S15

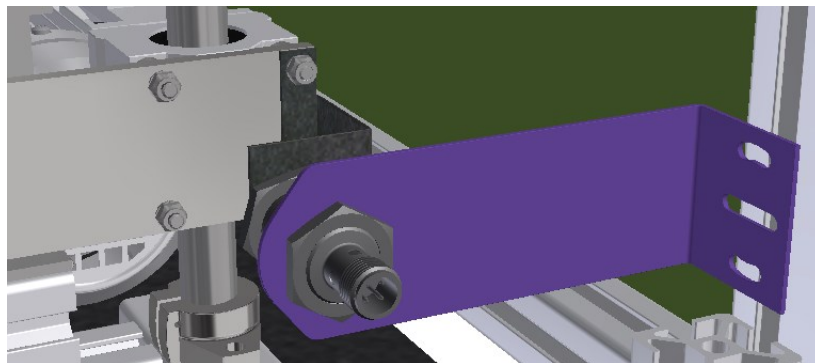
Indukční snímač IME18 umístěný v horní pozici PC (Obr. 45) slouží pro řízení a umožnění zastavení v horní koncové poloze sekundárních palců PC.



Obr. 45 Detail I-snímač pozice 1 sekundárních palců PC.

I-snímač pozice 2 sekundárních palců PC S16

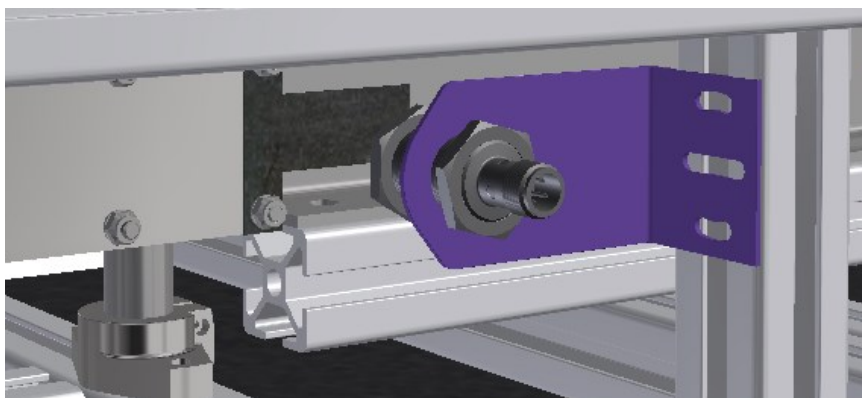
Indukční snímač IME18 umístěný v dolní pozici PC (Obr. 46) slouží pro řízení a umožnění zastavení v dolní koncové poloze sekundárních palců PC.



Obr. 46 Detail I-snímač pozice 2 sekundárních palců PC.

I-snímač pozice 1 sekundárních palců OC S17

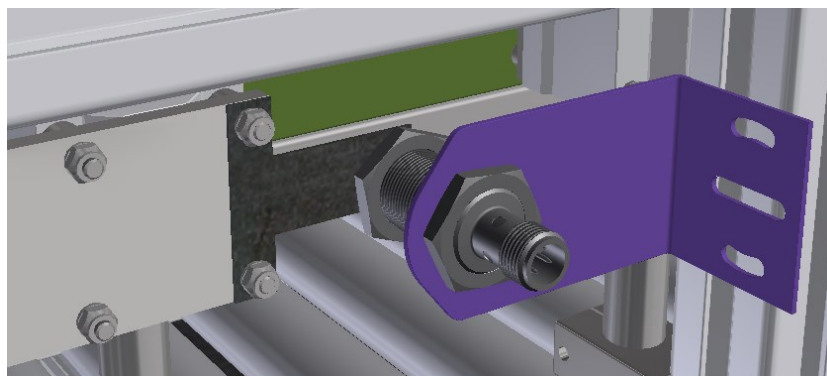
Indukční snímač IME18 umístěný v dolní pozici OC (Obr. 47) slouží pro řízení a umožnění zastavení v dolní koncové poloze sekundárních palců OC.



Obr. 47 Detail I-snímač pozice 1 sekundárních palců OC.

I-snímač pozice 2 sekundárních palců OC S18

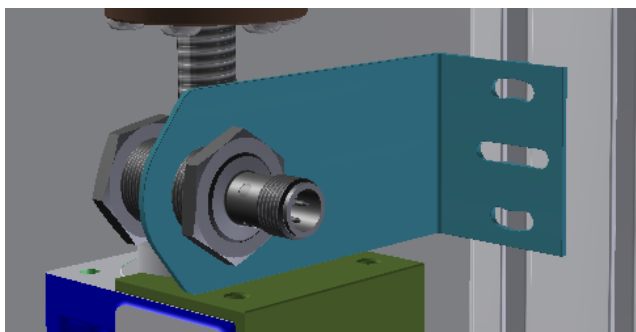
Indukční snímač IME18 umístěný v horní pozici OC (Obr. 48) slouží pro řízení a umožnění zastavení v horní koncové poloze sekundárních palců OC.



Obr. 48 Detail I-snímač pozice 2 sekundárních palců OC.

I-snímač pozice 1 primárních palců OC S19

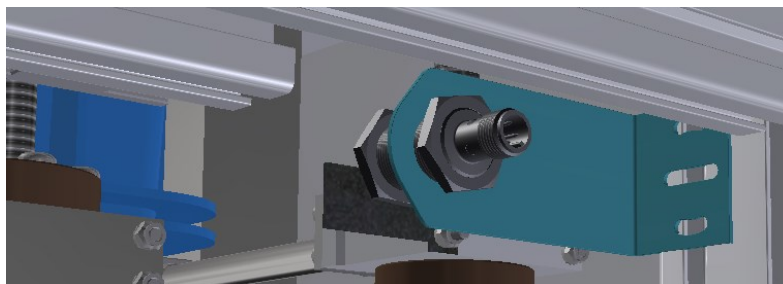
Indukční snímač IME18 umístěný v mezi pozici OC (Obr. 49) slouží pro řízení a umožnění zastavení v dolní koncové poloze primárních palců OC.



Obr. 49 Detail I-snímač pozice 1 primárních palců OC.

I-snímač pozice 2 primárních palců OC S20

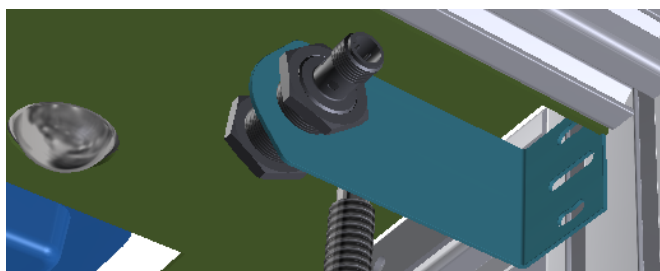
Indukční snímač IME18 umístěný v mezi pozici OC (Obr. 50) slouží pro řízení a umožnění zastavení v dolní mezi poloze primárních palců OC.



Obr. 50 Detail I-snímač pozice 2 primárních palců OC.

I-snímač pozice 3 primárních palců OC S21

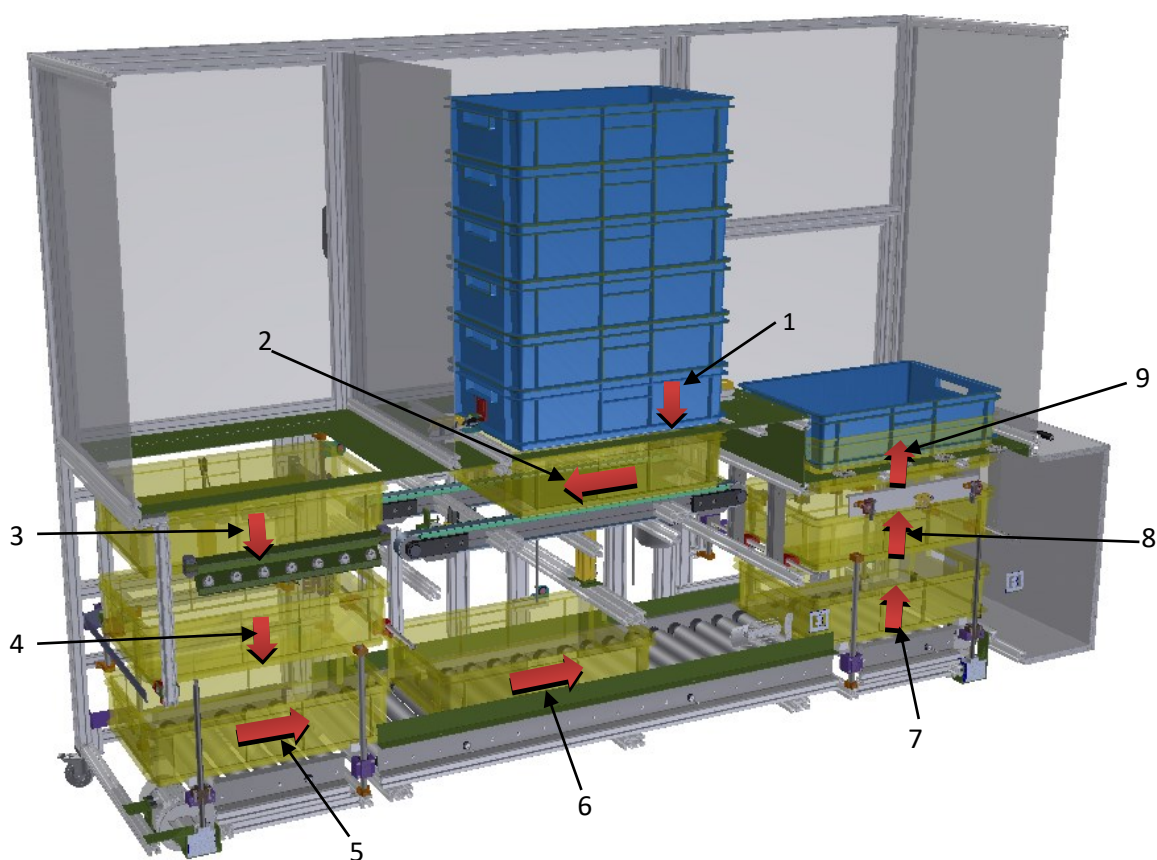
Indukční snímač IME18 umístěný v horní koncové pozici OC (Obr. 51) slouží pro řízení a umožnění zastavení v horní koncové poloze primárních palců OC.



Obr. 51 Detail I-snímač pozice 3 primárních palců OC.

4.6. Pracovní cyklus zařízení

Zařízení Hermés pracuje tak, že pracovník nejprve po otevření bezpečnostních dveří vloží zásobu 6 KLT do vymezeného prostoru na zdvižnou desku, která je částí zdvižného mechanismu (Podkapitola 4.1.). Po uzavření bezpečnostních dveří a pokynu k práci nastává operace složená z devíti hlavních po sobě jdoucích kroků pro každou KLT (Obr. 52). Pro přehlednější určení návaznosti kroků v závislosti na snímací síti je vytvořen soubor závislosti snímačů (Příloha C).

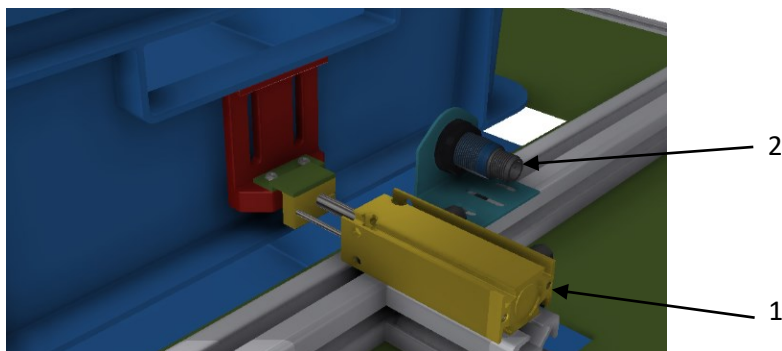


Obr. 52 Závislost kroku.

1- Přesun na řemenový dopravník; 2- Přesun do plnicí pozice; 3- Přesun do mezi polohy PC; 4- Přesun do dolní polohy PC; 5- Přesun na válečkový dopravník SPC; 6- Přesun do dolní polohy OC; 7- Přesun do mezi polohy OC; 8- Přesun do horní polohy OC; 9- Přesun na odběrné místo.

Krok 1.

Zdvižný mechanismus se pohybuje dolů a přesouvá 1 KLT(1) na řemenový dopravní pás. Zbylých $j-1$ KLT je zadrženo za pomoci pneumatického zádržného mechanismu v zásobníku (obr. 53). V případě vyprázdnění zásobníku nedojde ke spuštění zádržného mechanismu.



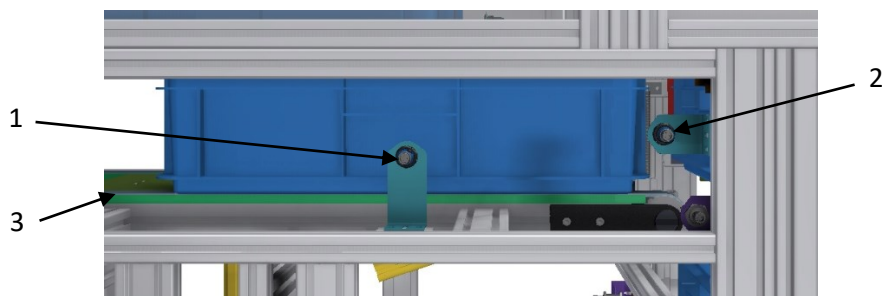
Obr. 53 Uzavřený zádržný mechanismus

1- Zádržný mechanismus; 2- Snímač polohy S1

Krok 2.

Řemenový dopravník přesune KLT(1) na odběrné místo. V případě, že se již jiná KLT(0) nenalézá v plnicí poloze je KLT(1) přesunuta z odběrného místa do plnicí polohy. V opačném případě setrvá KLT(1) na pozici do doby než KLT(0) uvolní prostor v plnicí poloze.

V plnicí poloze je KLT uložena na klopném mechanismu a podepřena zdvižnými palci. Zajištění přesné polohy KLT na pozici je zajištěno tlačným mechanismem. Po naplnění KLT na $i-2$ ks nastává krok 3.

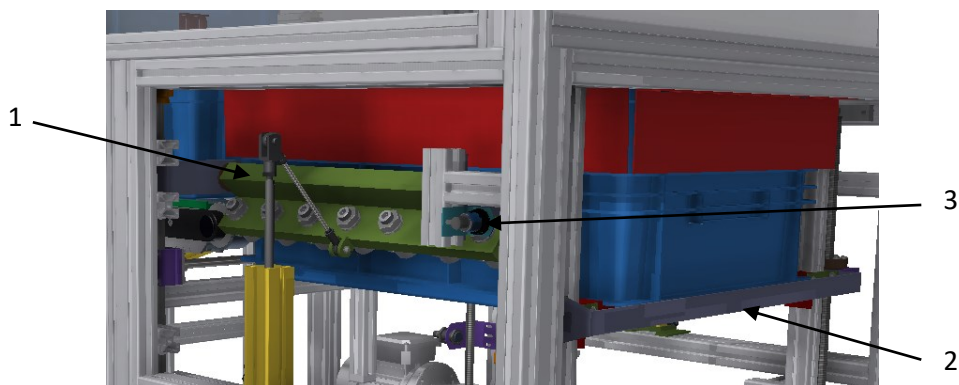


Obr. 54 KLT na odběrném místě

1- Snímač KLT-S2; 2- Snímač KLT-S3; 3- Řemenový dopravník

Krok 3.

Po naplnění KLT(1) na i-2 dojde k otevření klopného mechanismu a následný přesun KLT(1) do mezi polohy PC za pomoci primárního zdvižného mechanismu PC. Po přesunutí KLT(1) mimo klopný mechanismus dojde k jeho uzavření a přípravě pro uložení další KLT(2).

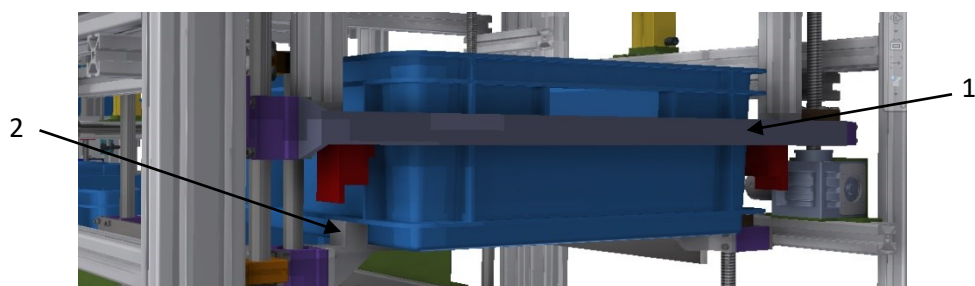


Obr. 55 KLT na plnicím místě

1- Klopný mechanismus; 2- Primární zdvižný mechanismus PC; 3- Snímač KLT-S4

Krok 4.

Sekundární zdvižný mechanismus PC odebere KLT(1) z mezi polohy PC. Při odebírání dochází k souběžnému spouštění také primárního zdvižného mechanismu PC, až do doby, kdy dojde k překlopení palců a uvolnění KLT(1), následně sekundární zdvižný mechanismus přesune KLT(1) na poháněný válečkový dopravník.

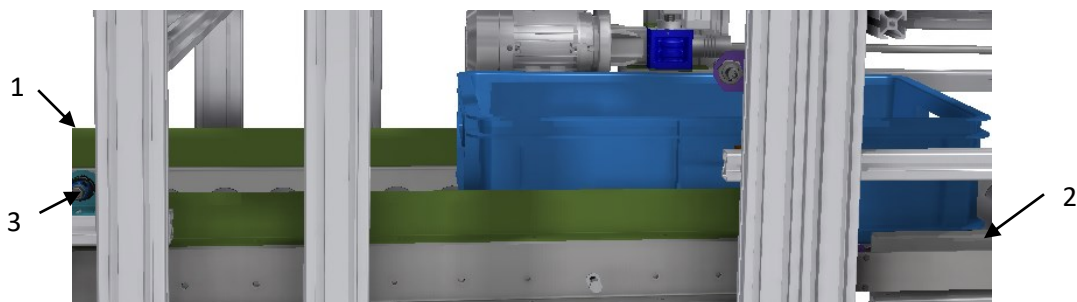


Obr. 56 Přesun KLT na malý válečkový dopravník PC

1- Primární zdvižný mechanismus PC; 2- Sekundární zdvižný mechanismus PC

Krok 5.

Sekundární zdvižný mechanismus uloží KLT(1) na malý válečkový dopravník PC. Po zaznamenání KLT(1) na pozici dojde ke spuštění malého válečkového dopravníku PC a válečkového dopravníku SPC, ty přesunou KLT(1) do středové pozice kde je zastavena snímačem S7.

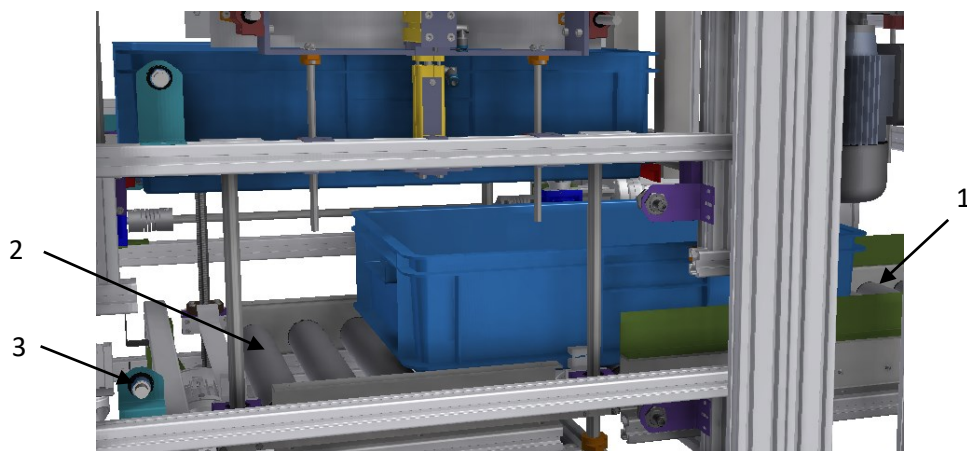


Obr. 57 Přesun KLT na válečkový dopravník SPC

1- Malý válečkový dopravník PC; 2- Válečkový dopravník SPC; 3- Snímač KLT-S7

Krok 6.

KLT(1) se následně přesune z válečkového dopravníku SPC na malý válečkový dopravník OC. V moment, kdy je KLT(1) zaznamenána snímačem S8 dochází k vypnutí malého válečkového dopravníku OC a KLT(1) je připravena k přesunu do další pozice.

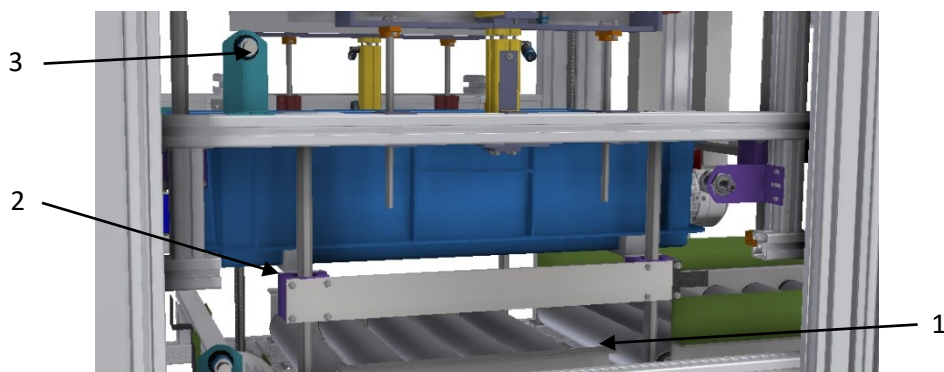


Obr. 58 Přesun KLT na malý válečkový dopravník OC

1- Válečkový dopravník SPC; 2- Malý válečkový dopravník OC; 3- Snímač KLT-S8

Krok 7.

Po uložení KLT(1) na malý válečkový dopravník OC přesune sekundární zdvižný mechanismus OC KLT(1) na mezi polohu. Kde je zaznamenána snímačem S9 a připravena pro odebrání primárním zdvižným mechanismem OC.



Obr. 59 Přesun KLT na mezi polohu OC

1- Malý válečkový dopravník OC; 2- Sekundární zdvižný mechanismus; 3- Snímač KLT-S9

Krok 8.

Po přesunutí KLT(1) sekundárním zdvižným mechanismem PC na koncovou polohu SZM je KLT(1) odebrána primárním zdvižným mechanismem OC a přesunuta do koncové polohy PZM.



Obr. 60 Přesun KLT do horní polohy.

1- Primární zdvižný mechanismus OC; 2- Pneumatický zdvižný mechanismus

Krok 9.

Z koncové polohy PZM je KLT(1) odebrána pneumatickým zdvižným mechanismem OC, ten ji přesune do finální polohy, kde je KLT(1) připravena k odběru.

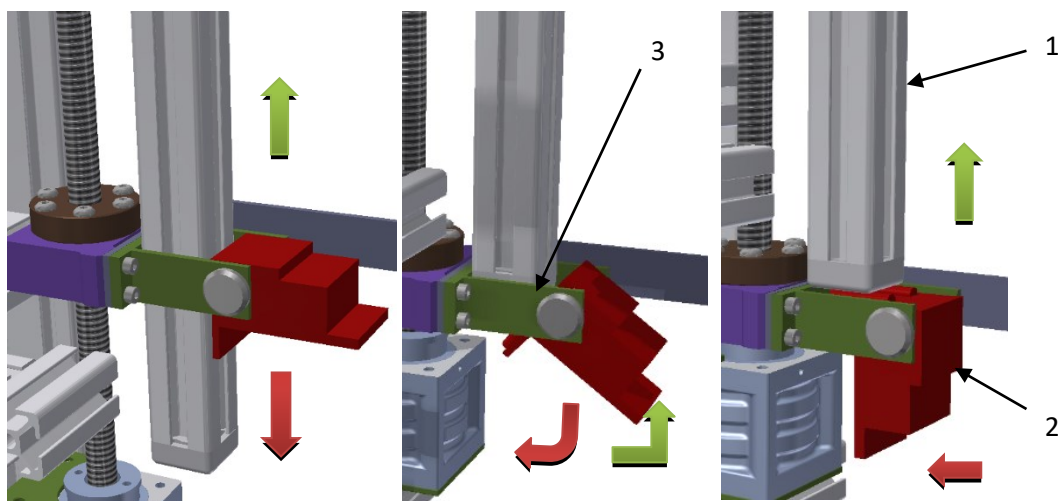


Obr. 61 Přesun KLT na odběrné místo.

1- Pneumatický zdvižný mechanismus OC; 2- Snímač KLT-S10

4.7. Proces míjení zdvižných mechanismu při předání KLT.

Proces míjení (Obr. 62) využívá klopení nosných palců u zdvižných mechanismů. Klopné palce uložené na hřídeli (ose) nebo v uložení klopných palců se pohybují po pevném vedení. Při pohybu do dolní polohy (červené šipky) se palce dostanou mimo pevné vedení a dojde k jejich naklopení, a tím umožnění předání KLT dalšímu zdvižnému mechanismu. Při návratu do horní polohy jsou palce opět podepřeny pevným vedením a naklopeny do nosné polohy (zelené šipky).



Obr. 62 Proces míjení

1- Pevné vedení; 2- Klopný palec; 3- uchycení klopného palce

5. Návrhové a kontrolní výpočty

5.1. Návrh zdvižné převodovky

Zdvižná převodovka je z pohledu mechaniky i ekonomiky nejefektivnější variantou pro zajištění vertikálního pohybu se zatížením v axiálním směru pohybu v daném případě. Skříň převodovky se obvykle vyrábí ze slitiny hliníku a je u nich možné použít kuličkového, nebo trapézového šroubu.

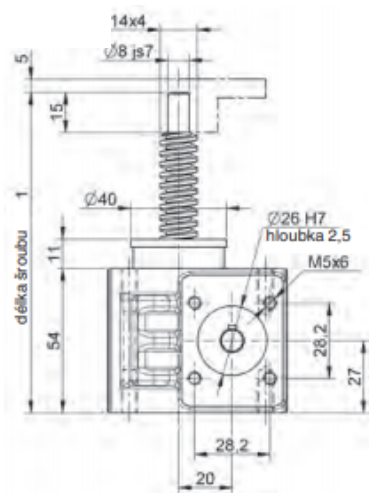
TSE 2-RN/RL

Max. zdvižná síla: 2 kN (200 kg)
 Max. otáčky hnací hřídele: 1400 min⁻¹ (vyšší na vyžádání)
 Šroub: TR 14/4 (standard)
 TR 18/4 (zesílený šroub)

Materiál (skříň): hliník
 Mazání: mazací tuk

Hmotnost
 Zdvižná převodovka: 0,64 kg (bez šroubu, vč. mazacího tuku)
 Šroub: 1,05 kg/m

Lze dodat na vyžádání:
 Pojistná bezpečnostní matice (SFM)
 Šroub s dvouchodým trapézovým závitem
 Nerezový šroub (INOX)
 Šroub s povrchovou úpravou



Typ	Převod	Zdvih na otáčku hnací hřídele mm	Vstupní krouticí moment ¹⁾ Nm	Max. vstupní krouticí moment Nm	Průběžný krouticí moment ²⁾ Nm
TSE 2-RN	5:1	0,80	F(kN) x 0,34 + 0,21	2,50	12

Obr. 63 Zdvižná převodovka [11]

Pro mé řešení volím zdvižnou převodovku od firmy *T.E.A. technik s.r.o.*, navrhuji použít typ TSE2-RN (Obr. 63). Jedná se o zdvižnou převodovku s možností zatížení až do 200 kg, což zcela vyhovuje mému požadavku na zatížení 24 kg. Pro zajištění vyšší rychlosti spouštění/zvedání jsem zvolil variantu se zvýšenými vstupními otáčky, a to na 2000 min⁻¹. V závislosti volím také šroub TR14/4 s opracovanými konci pro uložení do zdvižné převodovky a horního ložiskového domku.

5.2. Návrh elektromotoru pro zdvižnou převodovku a stanovení rychlostí pohybu.

Na základě parametrů zdvižné převodovky, a to vstupních otáček a vstupního krouticího momentu, provedu návrh elektromotoru.

Zatěžující síla v ose šroubu.

$$F = m \cdot g \quad (1)$$

$$F = 24 \cdot 9,81$$

$$F = 235,5 \text{ N}$$

m.....hmotnost plné bedny [kg]

g.....tíhové zrychlení [m/s⁻²]

Výpočet vstupního krouticího momentu.

$$M_k = F \cdot 0,34 + 0,21 \quad (2)$$

$$M_k = 0,2355 \cdot 0,34 + 0,21$$

$$M_k = \underline{\underline{0,290 \text{ N.m}}}$$

M_k.....vstupní krouticí moment [N·m]

F.....zatěžující síla v ose šroubu [kN]

Výpočet výkonu

$$P = \frac{M_k \cdot n}{9550} \quad (3)$$

$$P = \frac{0,290 \cdot 2000}{9550}$$

$$P = \underline{\underline{0,061 \text{ kW}}}$$

P.....výkon [kW]

M_k.....vstupní krouticí moment [N·m]

n.....vstupní otáčky [min⁻¹]

Na základě vypočtených hodnot volím dvou pólový třífázový asynchronní motor s brzdou (Obr. 64) od firmy *RAVEO* s požadavkem na patkový motor s přírubou B14 a svorkovnicí otočenou o 90 stupňů (Příloha L). K řízení bude použit vhodný frekvenční měnič.

Parametry asynchronního elektromotoru:

- Výkon: $0,18 \text{ kW}$
- Rychlost otáček: 2770 min^{-1}
- Krouticí moment $0,63 \text{ N} \cdot \text{m}$



Obr. 64 Asynchronní elektromotor [22]

Výpočet rychlostí spouštění/zvedání PZM-PC

Výpočet rychlostí spouštění/zvedání bude sloužit k určení času pro spouštění plné KLT z plnicí pozice.

$$v_s = n \cdot s \quad (4)$$

$$v_s = 33,34 \cdot 8 \cdot 10^{-4}$$

$$v_s = \underline{\underline{0,0267 \text{ m/s}}}$$

v_srychlost spouštění/zvedání [m/s]

nvstupní otáčky [s⁻¹]

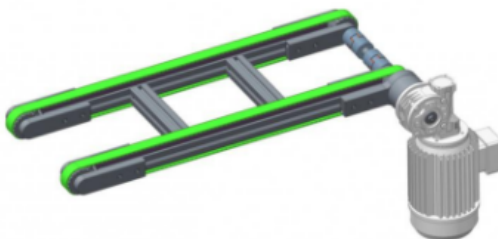
szdvih na otáčku hnací hřídele [m]

5.3. Návrh řemenového dopravníku.

Z nutností umístění pneumatického zdvižného mechanismu SPC volím dvouvětvý řemenový dopravník od firmy *Alvaxis* DA40 (příloha F).

TECHNICKÉ STANDARDY

TYP DOPRAVNÍKU	40 nebo 80
POČET VĚTVÍ	1 - 4
DOPRAVNÍ ŠÍŘE	2 větve: 200 - 1 000mm
DOPRAVNÍ DÉLKA	Typ 40: 800 - 4.000mm Typ 80: 800 - 6.000mm
RYCHLOSTI	3,6 - 59,7 m/min při 50Hz (bez fr.měniče)
TRANSPORTNÍ ŘEMENY	Materiál: Polyuretan Šířky: 25/ 32/ 50 mm
MAXIMÁLNÍ ZATÍŽENÍ	Typ 40: až 50kg Typ 80: až 100kg



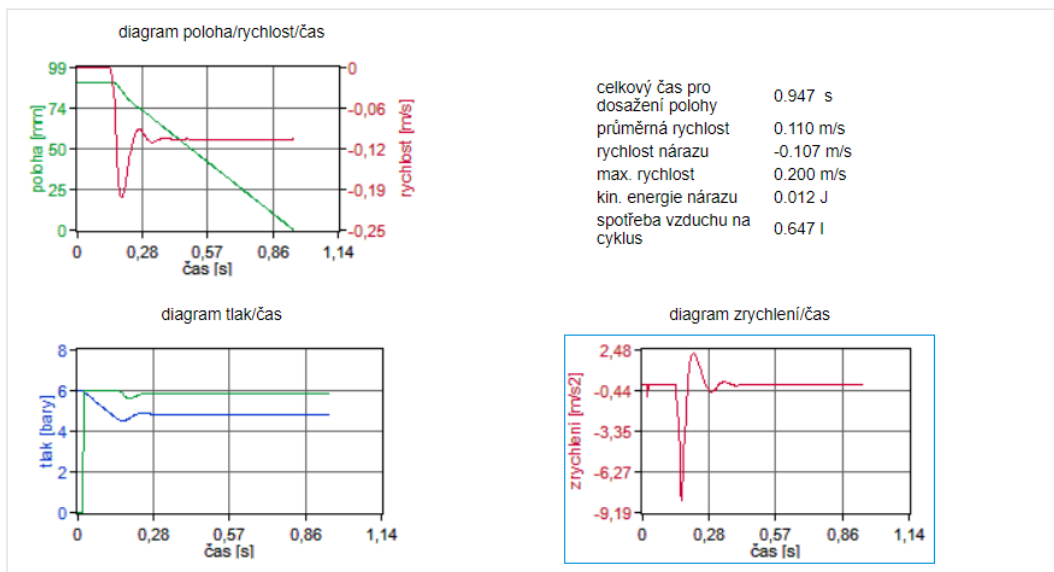
Obr. 65. Dvouvětvý řemenový dopravník [5]

Parametry:

- *Dopravní délka: 900mm*
- *Dopravní šíře: 340 mm*
- *Rychlost: 20 m/min*

5.4. Návrh pneumatického pohonu klopného mechanismu.

Klopný mechanismus používá jako pohonný prvek pneumatický válec. Rozhodl jsem se použít pneumatický válec od firmy *Festo* ADN-25-90-A-P-A (příloha J). Tato volba mi zároveň umožnila využít počítačného programu od firmy *Festo*, a tím určit čas potřebný pro plné vysunutí i zasunutí pístu (obr. 66) a následně určit celkový čas výměny KLT (Podkapitola 5.5).



Obr. 66 Parametre pneumatického válce

Na základě výsledků zjištěných pomocí programu *Festo* (Obr. 66) lze vidět, že čas potřebný pro zasunutí pístu, tedy čas potřebný pro uzavření klopného mechanismu, je $t_3 = \underline{\underline{0,947 \text{ s.}}}$

5.5. Kontrolní výpočet času nutného pro výměnu KLT

Ze současného stavu provozu vyplývá, že výlisky padají do KLT v taktu 4s. Z tohoto důvodů je nutné zajistit, že dojde k výměně plné KLT za prázdnou v tomto časovém rozmezí. Na základě předchozích výpočtů je možné určit časový sled operací, aby bylo dosaženo správné výměny v taktu nejpozději do 4s.

Čas potřebný pro spuštění plné KLT z plnicí pozice.

$$t_1 = \frac{s_s}{v_s} \quad (5)$$

$$t_1 = \frac{0,188}{0,0267}$$

$$t_1 = \underline{\underline{7,05 \text{ s}}}$$

t_1	čas spouštění KLT z plnicí pozice	[s]
s_s	dráha spouštění KLT z plnicí pozice	[m]
v_s	rychlost spouštění/zvedání	[m/s]

Čas potřebný pro přesun KLT do plnicí pozice.

$$t_2 = \frac{s_r}{v_r} \quad (6)$$

$$t_2 = \frac{0,680}{0,334}$$

$$t_2 = \underline{\underline{2,04 \text{ s}}}$$

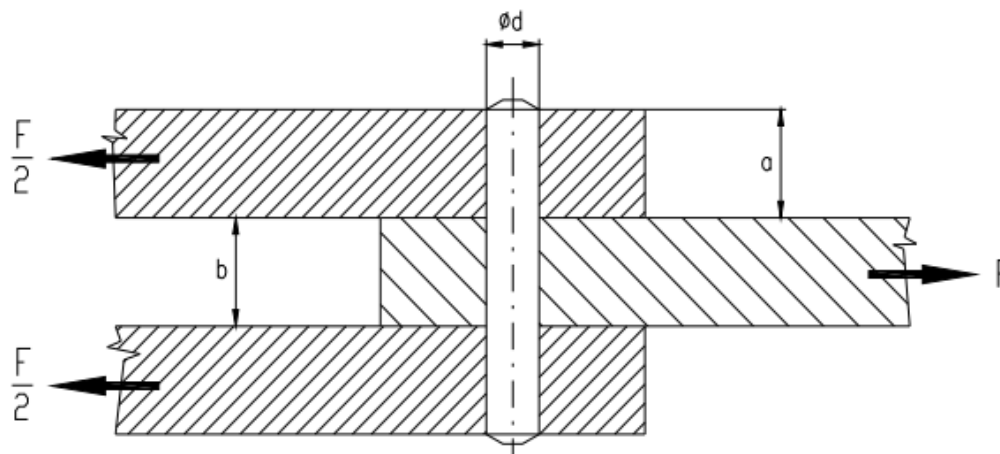
t_2	čas přesunu KLT do plnicí pozice	[s]
s_r	dráha přesunu KLT do plnicí pozice	[m]
v_r	rychlost řemenového dopravníku	[m/s]

Na základě určení potřebných času pro přesun KLT bylo možné určit proces pro dosažení výměny KLT pro plnění v čase $t=4\text{s}$. Celý proces bude probíhat tak, že zařízení obdrží bitovou informaci při počtu kusu v KLT i-2. V tento okamžik nejpozději dojde k otevření klopného mechanismu a spouštění KLT do mezi polohy. Za čas t_1 opustí KLT prostor klopení klopného mechanismu a se zpožděním 1s (po dopadení posledního kusu) dochází k uzavření klopného mechanismu za čas t_3 . Po uzavření klopného mechanismu dojde ke spuštění řemenového dopravníku a přesunutí prázdné KLT do plnicí pozice za čas t_2 . Jelikož ke spouštění dochází ještě před dopadem posledního kusu, tento čas nezahrnujeme do 4s potřebných k výměně KLT v plnicí pozici. Čas se tedy odvíjí pouze od času potřebného pro uzavření klopného

mechanizmu t_3 (Podkapitola 5.4.) a času potřebného pro přesun do plnicí pozice t_2 (vzorec 6). K výměně tedy dochází za čas 3s, což vyhovuje požadavku.

5.6. Kontrola čepu klopného mechanismu

Abych zajistil, že nedojde k přerušení čepu klopného mechanismu, tedy k poruše zařízení, provádím návrhový a kontrolní výpočet čepu.



Obr. 67 Výpočet čepu

Maximální ohybový moment

$$M_{o_{max}} = \frac{F\check{c}}{2} \cdot \left(\frac{L}{2}\right) = \frac{F\check{c} \cdot L}{4} \quad M_{o_{max}} = \frac{150 \cdot 0,019}{4} \quad \underline{\underline{M_{o_{max}} = 0,7125 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

Momax.....maximální ohybový moment [N · m]

Fč.....zvýšená síla působící v čepu [N]

L.....délka čepu [m]

Návrh průměru čepu

$$\sigma_o = \frac{M_{o_{max}}}{W_o} \leq \sigma_{do} \quad d_{\check{c}} = \sqrt[3]{\frac{32000 \cdot 0,7125}{\pi \cdot 160}}$$

(7)

$$\sigma_{do} = \frac{M_{o_{max}}}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^3}{32000}} \Rightarrow d_{\check{c}} = \sqrt[3]{\frac{32000 \cdot M_{o_{max}}}{\pi \cdot \sigma_{do}}} \quad \underline{\underline{d_{\check{c}} = 3,57 \text{ mm}}}$$

Na základě dostupných komponent volím průměr čepu $d_{\check{c}} = 8 \text{ mm}$

σ_{do}	dovolené napětí materiálu v ohybu	[MPa]
σ_o	napětí materiálu v ohybu	[MPa]
$d\check{c}$	průměr čepu	[mm]
W_o	modul průřezu v ohybu	[mm ³]

Kontrola čepu na střih

$$\tau_s = \frac{F\check{c}}{2 \cdot S_{\check{c}}} \leq \tau_{ds} \quad (8)$$

$$\tau_s = \frac{2 \cdot F\check{c}}{\pi \cdot d\check{c}^2} = \frac{2 \cdot 150}{\pi \cdot 8^2} \leq \tau_{ds}$$

$$\tau_s = 1,49 \text{ MPa} \leq 40 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

τ_s	smykové napětí materiálu	[MPa]
$S_{\check{c}}$	střížná plocha čepu	[mm ²]
τ_{ds}	dovolené smykové napětí	[MPa]

Kontrola podmínky HMM

$$\sqrt{\sigma_{do}^2 + 3 \cdot \tau_s^2} \leq \sigma_{RED} \quad (9)$$

$$\sqrt{160^2 + 3 \cdot 1,49^2} \leq \frac{290}{1,5}$$

$$160 \leq 193,3 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Kontrola čepu na otláčení

$$p_1 = \frac{F\check{c}/2}{d\check{c} \cdot a} \leq p_d \quad (10)$$

$$p_1 = \frac{75}{8 \cdot 5} \leq p_d$$

$$p_1 = 1,875 \text{ MPa} \leq 90 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$p_2 = \frac{F}{S} \leq pd \quad (11)$$

$$p_2 = \frac{F\check{c}}{d\check{c} \cdot b} \leq pd$$

$$p_2 = \frac{150}{8 \cdot 9} \leq pd$$

$$p_2 = 2,08 \text{ MPa} \leq 90 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

p_d	dovolené otláčení	[MPa]
p_1	tlak na čep v délce a	[MPa]
p_2	tlak na čep v délce b	[MPa]
a.....	zatížená délka čepu a	[MPa]
b.....	zatížená délka čepu b	[MPa]

5.7. Kontrola zda nedojde k vzepření dolních palců

Abych zajistil, že nedojde k vzepření palců na lineárním vedení, provedu kontrolu u sekundárního zdvižného mechanismu PC. Rozhodl jsem se využít program *Inventor* 2015 a provést MKP výpočet. Kontrolovaná část se skládá z vodicích tyčí, lineár setu, elementů pro vzájemné propojení a pohybového šroubu včetně uložení matice. Palce byly zatíženy maximální silou vzniklou od plné KLT. Zatížení je umístěno na klopných palcích v místě pro uložení KLT.

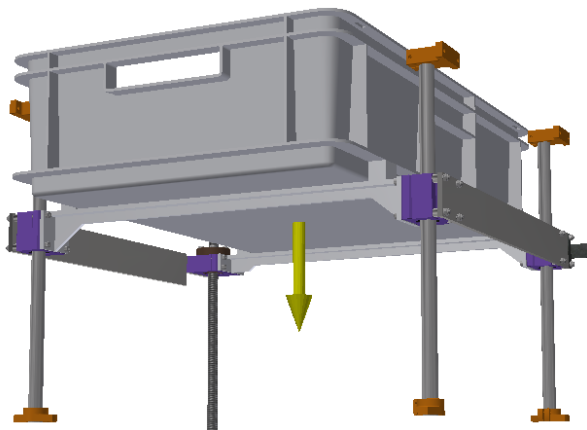
Materiál a vazby

Materiál jednotlivých prvků jsem zvolil z knihovny programu *Autodesk Inventor* tak, aby splňovaly vlastnosti materiálu nakupovaných dílů.

Vazby v kombinaci s dotyky jsem umístil tak, abych co nejlépe zohlednil reakce vzniklé od zatížení plné KLT. Pevné vazby zabráňující pohybu ve všech směrech, jsou umístěny na SK, SHF uchycení vodicích tyčí, ložiskovém domku a matici a to v místech styku s rámem. Dotyky mezi lineársetem a vodicí tyčí, maticí a trapézovým šroubem, jsou nastaveny jako posuvné bez oddělení. Umožňují zohlednit reakce také při posunutí lineár setu. Zbylé dotyky jsou ponechány jako vázané.

Zatížení

Maximální zatížení 25 kg je zavedeno skrze KLT za účelem vyvolání rovnoměrného působení sil vzniklého z uložení plné KLT na palce.

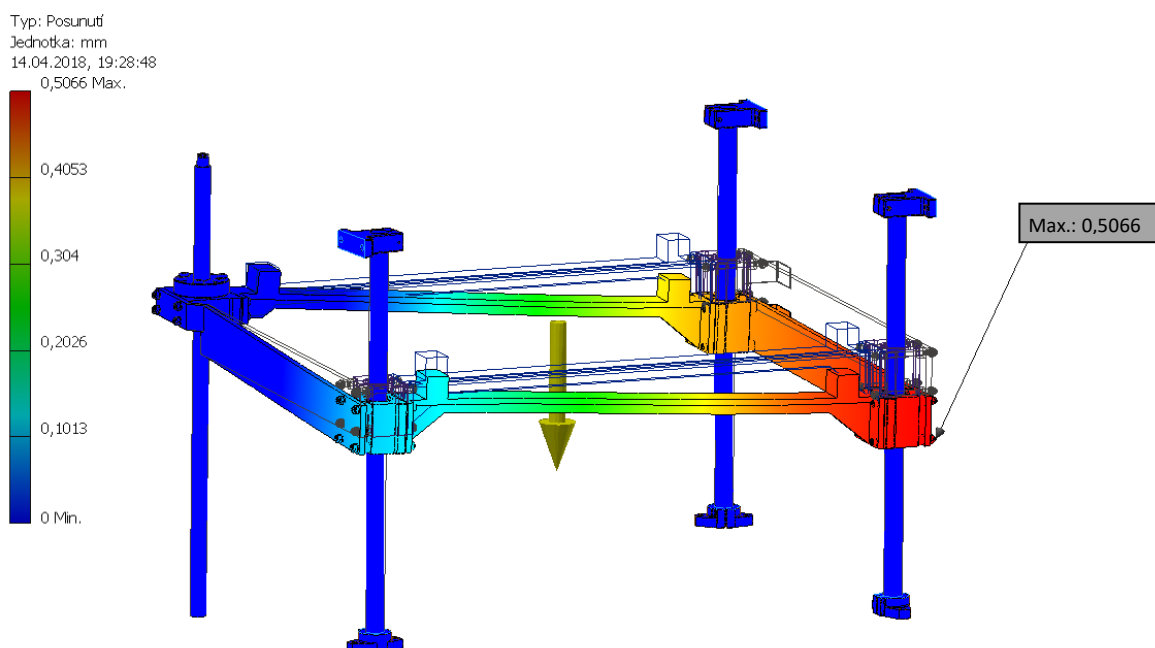


Obr. 68 Silové účinky

Výsledky

Posunutí

Maximální hodnota posunutí nastává u lineársetu umístěném v nejvzdálenějším rohu vůči posuvné jednotce (Obr. 69). Vzniká zde posunutí o velikosti 0,5066 mm.



Obr. 69 Posunutí (zvětšení)

Posunutí je zde způsobeno lineársety, které nejsou nijak zajištěny a mohou se volně pohybovat po vodící tyči. Při zatížení dochází také vlivem uložení lineársetu k mírné deformaci vodící tyče, což v kombinaci s kuličkovým pouzdem zajistí, že nedojde k vzepření. V případě uvažování dokonalé tuhé vodící tyče nastává při posunutí 0,5 mm minimální vyosení lineársetu o velikosti 1° . V tomto případě je opět vyosení zachyceno kuličkovým pouzdem a nedojde k vzepření. V případě požadavku pro snížení této hodnoty by bylo možné změnit konstrukci palců.

5.8. Kontrolní výpočet rámu pomocí MKP analýzy.

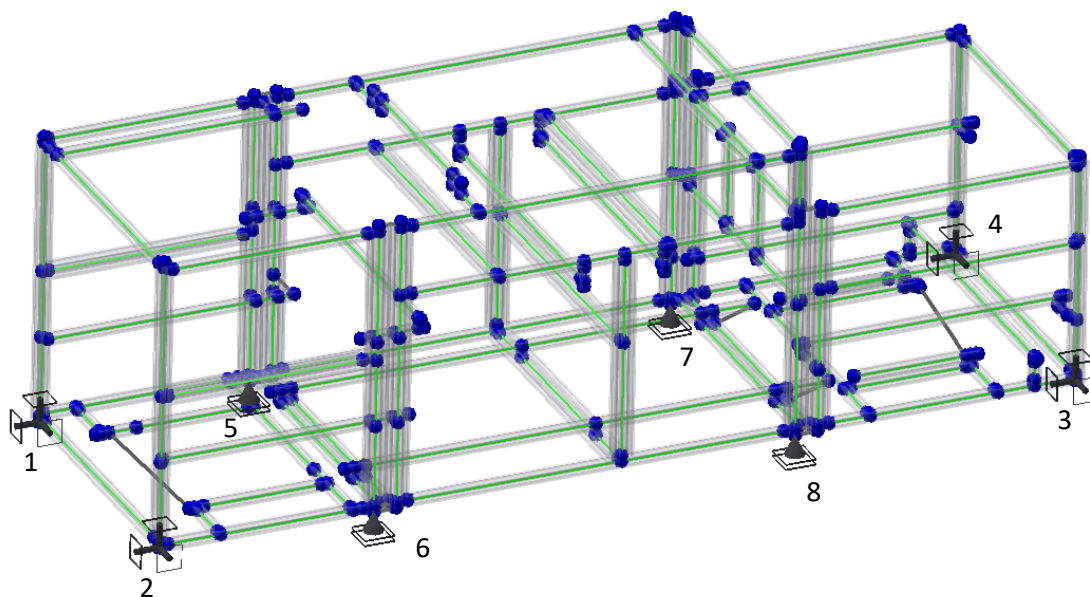
Provedl jsem MKP analýzu rámu, který slouží pro uchycení mechanismu zařízení. Rám je sestaven z HKS profilů 30x30 a 60x30. Rám byl zatížen v místech uložení jednotlivých mechanismů silami odpovídající charakteru působení těchto mechanismů. Byly přidány také síly způsobeny zatížením plných KLT v zařízení a bylo zavedeno gravitační působení. V prvotních krocích byly nutné úpravy, které umožnily vznik přijatelnějších výsledků.

Materiál a vazby

Materiál HKS profilu jsem zvolil z knihovny programu *Autodesk Inventor*, aby co nejlépe odpovídal skutečným vlastnostem HKS profilů.

Vazby jsou umístěny způsobem, co nejlépe zohledňující reakce vzniklé při umístění rámu do požadované polohy.

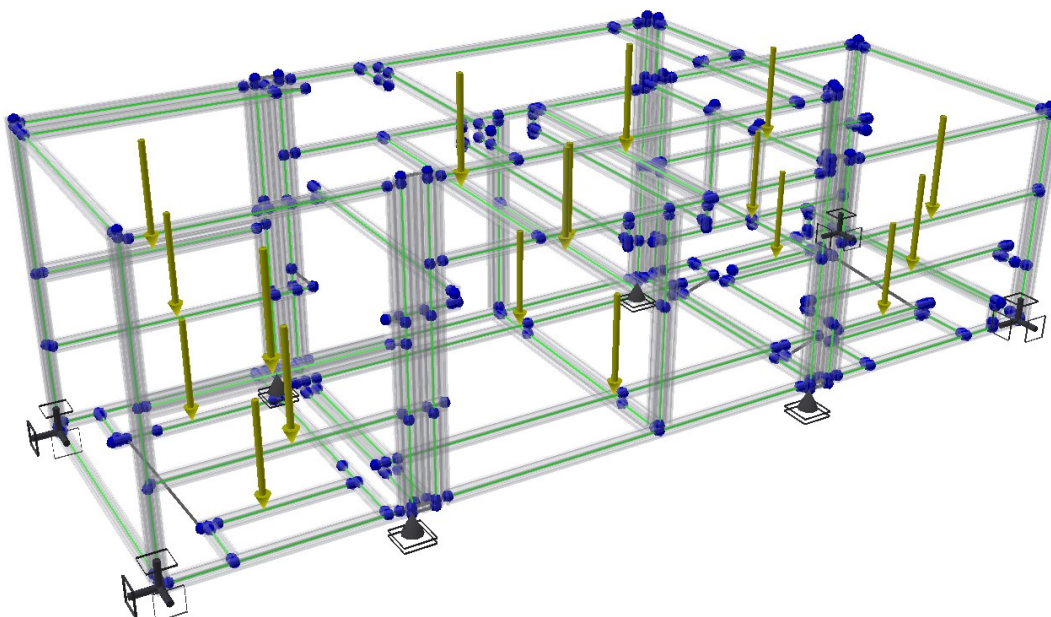
Uživatelské vazby 1-4 odebírají stupně volnosti ve svislém směru a nahrazují tak aretační kolečka. Klouzavá uchycená vazba 5-8 odebírá stupeň volnosti v zadaném směru tím zachytí působení zatěžujících sil.



Obr. 70 Vazby působící v analýze rámových konstrukcí

Zatížení

Jednotlivé zatížení vzniklé od působení mechanismů a plných KLT jsou určeny na základě 3D modelu v programu *Inventor 2015* a jejich přepočtu. Jsou umístěny v místech působení jednotlivých mechanismů.

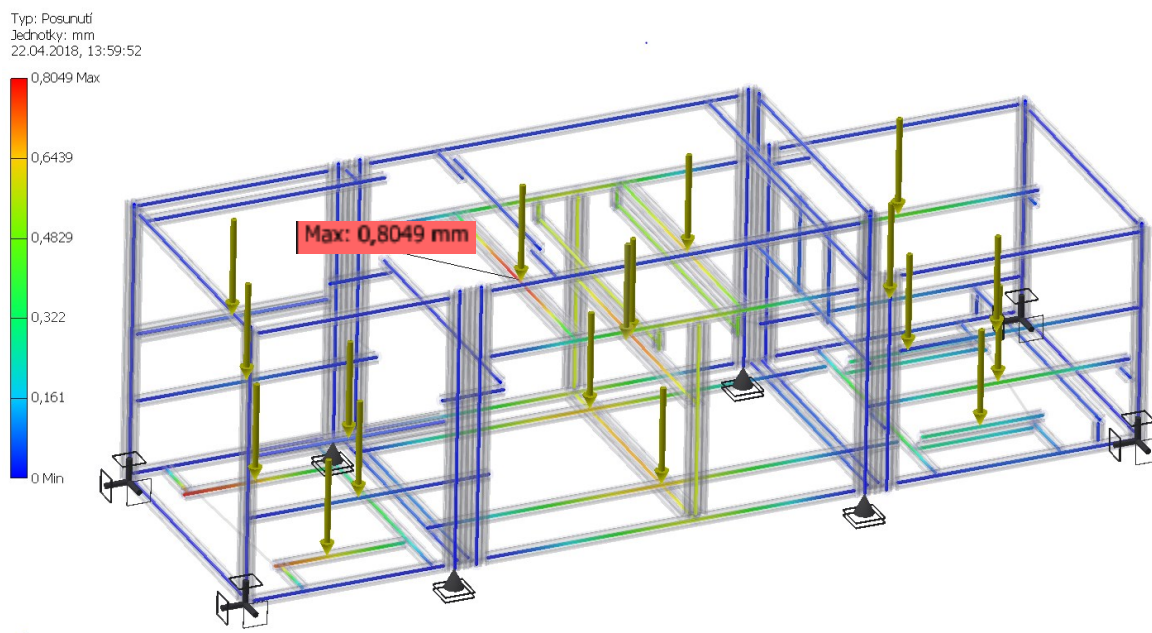


Obr. 71 Silové účinky pro analýzu rámových konstrukcí

Výsledky

Posunutí

Maximální hodnota posunutí je 0,8049 mm. Jedná se o minimální posunutí, nalézá se v místě uchycení řemenového dopravníku. V případě požadavku na snížení hodnoty na minimum by bylo možné přidat další vzpěry pro uchycení.



Obr. 72 Analýza rámových konstrukcí posunutí

Normálové napětí

Maximální normálové napětí $\sigma_{\max} = 18,95$ MPa. Napětí vzniká v pracovní části u nosného profilu pro řemenový dopravník v koncové poloze uchycení. Provedl jsem kontrolu, zda hodnota odpovídá dovolenému napětí. Pro výpočet použiji mez kluzu HKS materiálu $R_e = 195$ MPa se zvýšenou bezpečností 3.

$$\sigma_d = \frac{Re}{k}$$

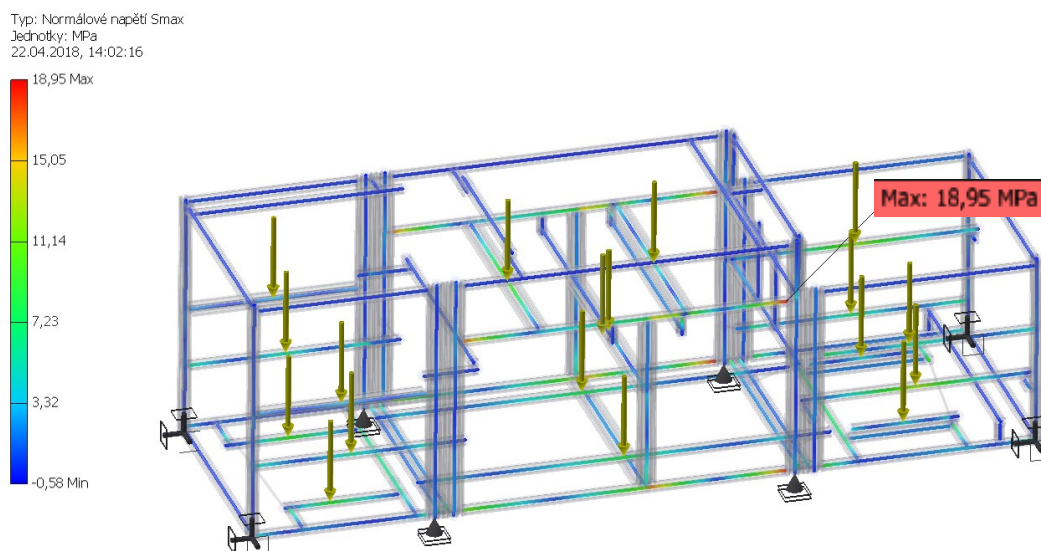
$$\sigma_d = \frac{195}{3}$$

$$\sigma_d = 65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max} < \sigma_d$$

$$18,95 < 65 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow \text{Vyhovuje}$$

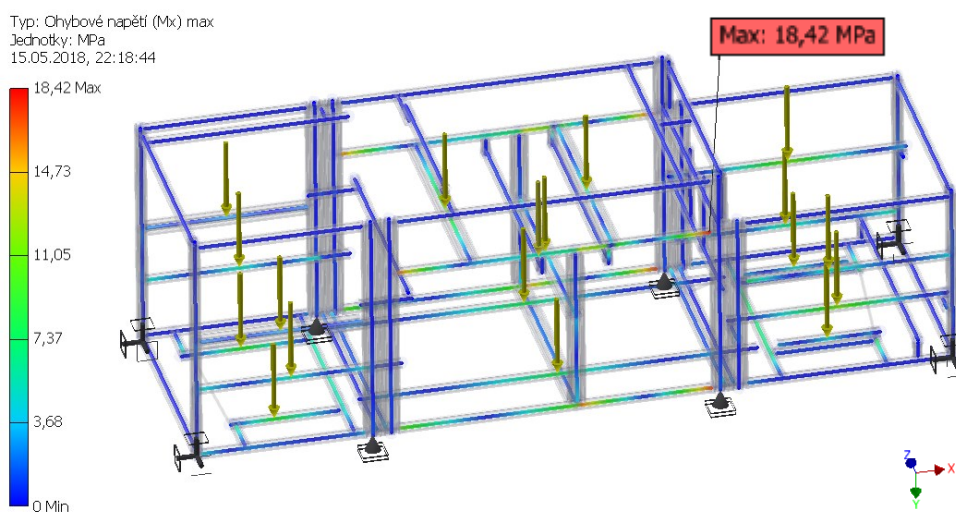


Obr. 73 Analýza rámových konstrukcí, Normálové napětí

Zvýšené napětí se dále objevuje také v pracovní části u dolního profilu spojujícího hlavní nosné sloupky. Tyto hodnoty odpovídají dovolenému napětí.

Ohybové napětí M_x

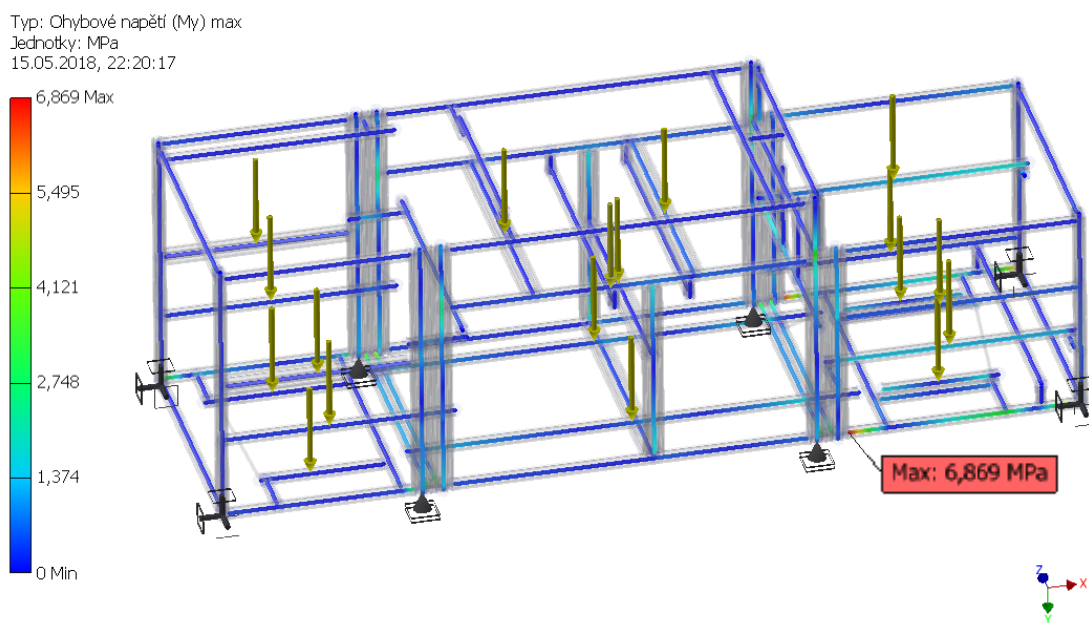
Napětí vzniklá od působení jednotlivých momentů v ose x. Maximální ohybové napětí $M_x = 18,42$ MPa vzniká v pracovní části u nosného profilu pro řemenový dopravník v koncové poloze uchycení. Napětí vniká od uložení řemenového dopravníku.



Obr. 74 Analýza rámových konstrukcí, Ohybové napětí M_x

Ohybové napětí M_y

Napětí vzniklá od působení jednotlivých momentů v ose y. Největší ohybové napětí $M_y = 6,869$ MPa vzniká v odběrné části u dolního nosného profilu rámu. Vlivem zatížení uložených mechanismů.



Obr. 75 Analýza rámových konstrukcí, Ohybové napětí M_y

6. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout zařízení sloužící k automatickému přesunu, plnění a skladování KLT stanovených rozměrů s nutností výměny KLT v plnicí pozici do 4 sekund.

Provedl jsem průzkum dostupných zařízení sloužících k manipulaci s KLT a poté jsem se na základě získaných informací rozhodl vytvořit zařízení *Hermés*. Abych zajistil správnou funkci celého systému, zaměřil jsem se nejprve na vytvoření jednotlivých mechanismů a následně na návrh snímací sítě.

V prvním kroku jsem nejprve potřeboval vyřešit, jak zajistit odebrání KLT ze zásobníku souběžně s jejím přesunem. Toho jsem dosáhl kombinací dvouramenného řemenového dopravníku a pneumatického mechanismu uloženého mezi rameny dopravníku. Souběžně jsem narazil na problém vzájemného spojení KLT, proto bylo nutné zajistit zbylé KLT v zásobníku. Opět jsem se rozhodl využít pneumatických válců, které byly opatřeny koncovou záchytnou deskou. Tento mechanismus problém vyřešil. Po přesunu do plnicí pozice pomocí řemenového dopravníku a tlačného mechanismu pro zajištění koncové polohy je KLT uložena na klopném mechanismu, který po naplnění umožní přesun do jednotlivých poloh. Pro svislé uložení KLT jsem vytvořil sadu zdvižných mechanismů s klopnými a pevnými palci. Tato kombinace umožnila spolehlivé předávání KLT. Následně jsem se zaměřil na vodorovný přesun KLT. Nejprve jsem zpracoval variantu s gravitačním válečkovým dopravníkem, ale pro zajištění bezchybného provozu jsem nakonec zvolil poháněný válečkový dopravník s vymezením pracovního prostoru pomocí bočnic. V odběrné části jsou opět zdvižné mechanismy, které umožní zajištění KLT v požadovaných polohách. Posledním problémem bylo zajištění přesunu KLT na odběrné místo. Vytvořil jsem proto pneumatický zdvižný mechanismus, který umožnil odebrání KLT ze zdvižného mechanismu a jeho následný přesun do místa, kde bude KLT odebrána.

Po vytvoření hlavních mechanických částí jsem se zaměřil na automaticky provoz celého zařízení. Navrhnul jsem rozmístění snímačů tak, aby bylo možné celý proces řízení optimalizovat a vznikla tak snímací síť, která automatický provoz umožní, a tím zvýší efektivitu a přesnost celého zařízení.

Rám zařízení *Hermés* je tvořen hliníkovými HKS profily, z tohoto důvodu jsem prováděl kontrolu pomocí analýzy rámových konstrukcí. Po provedení jsem zjistil, že u konstrukce dochází k minimálnímu posunutí, které je téměř eliminováno prvky, které nemohly být v analýze zcela kompenzovány. Dále bylo určeno normálové napětí a vlastní frekvence rámu, u kterých byla provedena kontrola, zda rám vyhovuje kritériím. Program *Inventor* je převážně pro modelování. Pro zajištění přesnějších výsledku bych doporučil provést analýzu pomocí vhodnějších programů.

V závěru byla také zpracována ekonomická kalkulace s předběžným odhadem ceny zařízení (Příloha D).

Mnou navržená diplomová práce splňuje stanovené cíle. V průběhu zpracovávání návrhu jsem i přes snahu dosáhnout nejlepšího možného řešení došel k závěru, že se dá vždy najít část, kterou by bylo možné vylepšit popřípadě upravit.

7. Seznam použité literatury

- [1] Válečkový dopravník. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1le%C4%8Dkov%C3%BD_dopravn%C3%ADk
- [2] Multifunkční dopravník. *Alvátis* [online]. Ostrava: ALVÁRIS PROFILE SYSTEMS, ©2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://www.alvaris.eu/cz/reference/multifunkcni-dopravnik>
- [3] ŘEMENOVÝ DOPRAVNÍK 40CD. In: HABERKORN [online]. Mokré Lazce: Haberkorn [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://www.haberkorn.cz/remenovy-dopravnik-40cd-40c-ms/>
- [4] Zdviže. In: LOGSYS [online]. Břeclav: LOGSYS, ©2017 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://www.logsys.cz/cs/zdvize>
- [5] Řemenové dopravníky. *Alvátis* [online]. Ostrava: ALVÁRIS PROFILE SYSTEMS, ©2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://www.alvaris.eu/cz/dopravniky/remenove-dopravniky/remenove-dopravniky>
- [6] KALÁB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. 1. vydání, Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1860-3.
- [7] SPIRÁLOVÉ SPOJKY TYP WKAS. *T.E.A. TECHNIK s.r.o* [online]. Popůvky u Brna: teatechnik, ©2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://www.teatechnik.cz/typ-wkas/>
- [8] Příslušenství 8. *Alvátis* [online]. Ostrava: ALVÁRIS PROFILE SYSTEMS, ©2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://www.alvaris.eu/cz/hlinikovy-konstrukcni-system/prislusenstvi-8/prislusenstvi-8>

- [9] Lineární technika. CNCshop.cz [online]. Opava: <http://www.divdesign.cz/>, ©2010 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: http://www.cncshop.cz/linearni-technika_c
- [10] MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočet a konstrukce strojních dílů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1
- [11] TYP TSE ROTUJÍCÍ. *T.E.A. TECHNIK s.r.o* [online]. Popůvky u Brna: teatechnik, ©2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://www.teatechnik.cz/typ-tse-rotujici/>
- [12] PŘÍRUBOVÉ ROLNY HPJ. *T.E.A. TECHNIK s.r.o* [online]. Popůvky u Brna: teatechnik, ©2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://www.teatechnik.cz/prirubove-rolny/>
- [13] DEJL, Z.: *Konstrukce stroj a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3
- [14] NĚMČEK, M.: *Řešené příklady ČaMS Spoje*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8
- [15] Kladka KULIČKOVÁ. *Dílenské vybavení* [online]. Havířov: Dílenské vybavení, 2007 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://www.dilenske-vybaveni.cz/kulickove-kladky-s-prirubou-k-prisroubovani/kladka-kulickova-k-prisroubovani--prumer-19-mm/>
- [16] Kluzná ložiska bronz, železo, ocel. *MIDOL* [online]. Brno: webmium.com, ©2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://www.kluznaloziska.cz/kluzna-loziska-bronz-zelezo-ocel>
- [17] Petlice pro elektromechanické bezpečnostní spínače. *EUCHNER* [online]. Brno: Euchner Electric, ©2010 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://www.euchner.cz/produkty/bezpecnost/petlice/petlice-elmech/>
- [18] Lineární technologie. *IGUS* [online]. Igus, ©2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://www.igus.cz/>

- [19] Indukční snímače IME. *SICK* [online]. Praha: Sick, ©2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/detekcni-snimace/indukcni-snimace/ime/ime18-08bpszc0k/p/p228598>
- [20] Optoelektronické snímače GR18S. *SICK* [online]. Praha: Sick, ©2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicke-snimace/optoelektronicke-snimace/gr18s/grtb18s-f2317/p/p432509>
- [21] SIMATIC HMI Basic Panels. *SIEMENS* [online]. Siemens, ©2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://w3.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-devices/basic-hmi/basic-panels/Pages/Default.aspx>
- [22] 2-pólové s brzdou. *Raveo* [online]. Otrokovice: RAVEO [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://www.raveo.cz/AC-motory-trifazove-2-polove-s-brzdou-RAVEO>
- [23] Sloupky a semaforey. *Axima* [online]. Brno: AXIMA, ©2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://www.axima-obchod.cz/opticka-a-akusticka-signalizace/sloupky-a-semaforey>
- [24] Konstrukční díly válců/příslušenství pro pohony. *FESTO* [online]. Praha: FESTO [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_015000
- [25] Válce s pístnicí. *FESTO* [online]. Praha: FESTO [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_010200
- [26] Produkty. *INTERROLL* [online]. Sant'Antonino: Interroll (Schweiz) [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://www.interroll.cz/cs/produkty/>

8. Seznam příloh

- A) Výkresová dokumentace
- B) CD s výkresovou dokumentací a použitým materiálem
- C) Popis závislosti senzorů.
- D) Ekonomická kalkulace
- E) Návrh - Řemenového dopravníku
- F) Katalogový list - Igus
- G) Katalogový list - Interroll
- H) Katalogový list – Hliníkové profily
- I) Katalogový list – Alvaris komponenty
- J) Katalogový list – Pneumatické válce
- K) Katalogový list – Snímače Sick
- L) Katalogový list – Elektro Motor
- M) Katalogový list – Lineární vedení
- N) Katalogový list – Zdvíhací převodovka
- O) Katalogový list – Euchner TP
- P) Katalogový list – Ostatní

Poděkování

Tímto děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Tomáši Kubínovi, Ph.D. a také Ing. Davidu Kubovskému za cenné rady, připomínky, ochotu a čas. Mé poděkování patří též společnosti Alváris za možnost zpracování práce pod její záštitou.